

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA**  
**Departamento de Geografía General**



**TESIS DOCTORAL**

**El abastecimiento de aguas a Madrid : Estudio geográfico**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR

**Jesús Muñoz Muñoz**

**Madrid, 2015**



TP  
1983  
161-5

X - 53 - 073926 - 6

Jesús Muñoz Muñoz

EL ABASTECIMIENTO DE AGUAS A MADRID: ESTUDIO GEOGRAFICO

TOMO I

Departamento de Geografía General  
Facultad de Geografía e Historia  
Universidad Complutense de Madrid  
1983



BIBLIOTECA

**Colección Tesis Doctorales. Nº**

**161/83**

© **Jesús Muñoz Muñoz**  
Edita e imprime la Editorial de la Universidad  
Complutense de Madrid. Servicio de Reprografía  
Noviciado, 3 Madrid-8  
Madrid, 1983  
Xerox 9200 XB 480  
Depósito Legal: M-21427-1983

TESIS DOCTORAL

EL ABASTECIMIENTO DE AGUA A MADRID.  
ESTUDIO GEOGRAFICO.  
TOMO I

JESUS MUÑOZ MUÑOZ





EL ABASTECIMIENTO DE AGUA A MADRID  
ESTUDIO GEOGRAFICO

Tesis doctoral que presenta  
Jesús Muñoz Muñoz, para optar  
al grado de Doctor. Dirigida  
por el Dr. D. José Manuel Casas  
Torres, Catedrático de Geografía.

Facultad de Geografía e Historia  
Universidad Complutense. Madrid, 1.981.



## INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
Prólogo.....	2
Introducción.....	6
Notas.....	26
Apéndice.....	28
CAPITULO I .....	33
1. Medio Natural y agua.....	34
1.1 Situación y emplazamiento de Madrid, las presas y las conducciones.....	34
Notas 1 .....	38
1.1.1 Relieve y agua.....	39
1.2 Aspectos geológicos y litológicos de las cuencas de los ríos que abastecen de agua a Madrid y del área de emplazamiento de la ciudad .....	45
1.2.1 Madrid, arenas y yesos.....	45
1.2.2 Los acuíferos cretácicos.....	60
1.2.3 Litología y geología de las cuencas..	71
Notas 1.1.1 y 1.2 .....	76
1.3 Clima y agua .....	78
Notas 1.3 .....	126
1.4 Hidrografía .....	128
Notas 1.4 .....	162

	<u>Página</u>
CAPITULO II.....	163
2.1 La singularidad de Madrid .....	164
Notas 2.1.....	171
2.1.1.¿Madrid en un"desierto"?.....	175
Notas 2.1.1 .....	178
2.1.2 Madrid y el río Manzanares.....	180
Notas 2.1.2 .....	186
2.2 El abastecimiento a una gran ciudad y otros factores que individualizan Madrid...	187
Notas 2.1.2 .....	222
2.3 El crecimiento espacial de Madrid.....	226
Notas 2.3 .....	233
2.4 Relación entre la capacidad de abasteci- miento y el crecimiento de la ciudad.....	235
Notas 2.4 .....	239
2.5 El crecimiento de la red de distribu- ción interior y el crecimiento espacial y demográfico .....	240
Notas 2.5 .....	259
2.6 Como funciona el abastecimiento .....	260
Notas 2.6 .....	269
2.7 El consumo de agua en las ciudades de España y el mundo comparadas con Madrid.....	270
Notas 2.7 .....	298

	<u>Página</u>
2.8 Población, Viajes y Aguadores.....	300
Notas 2.8 .....	341
CAPITULO III .....	347
3 Historia del abastecimiento de agua a Madrid...	348
3.1 Antecedentes del Canal de Isabel II.....	349
3.1.1 Anteproyectos del Canal .....	352
Notas 3.1 .....	356
Apéndices 3.1 .....	359
3.2 Primera Epoca: Los reconocimientos de Rafo y Ribera y la construcción del Canal.....	366
Notas 3.2 .....	375
Apéndice 3.2 .....	376
3.3 Segunda etapa: 1.866-1.907.....	387
Notas 3.3 .....	393
3.4 Tercera época: 1.907-1.931.....	394
3.4.1 El pleito con la Hidráulica Santillana.....	395
3.4.2 Canal Transversal o de El Villar.....	400
3.4.3 Presa de Puentes Viejas.....	403
3.4.4 Presa de Guadalix y Canal de Guadalix.....	414
3.4.5 El Canal Nuevo o Alto .....	414
3.4.6 Tercer Depósito .....	416
3.4.7 Primer Depósito elevado y estación elevado- ra .....	416
Notas 3.4 .....	419
3.5 Cuarta Epoca 1931-1950 .....	421
3.5.1 Recrecimiento de la presa de Puentes Viejas	424

	<u>Página</u>
3.5.2 Canal Alto.....	425
3.5.3 Canal del Este.....	431
3.5.4 Otras obras de importancia.....	440
3.5.5 Proyectos del Canal del Jarama.....	450
3.5.6. Presa de Riosequillo.....	460
Notas 3.5.....	469
3.6 Quinta época 1.951-1.979 .....	470
3.6.1 Embalses.....	471
3.6.1.1 El Vellón.....	471
3.6.1.2 Pinilla.....	473
3.6.1.3 Santillana II.....	474
3.6.1.4 Captación de aguas profundas.....	484
3.6.1.5 El Atazar.....	485
3.6.1.6 Pozo de los Ramos.....	497
3.6.1.7 Valmayor.....	497
3.6.1.8 Azud de las Nieves.....	507
3.6.1.9 Pozos Ranney.....	510
3.6.2 Grandes conducciones, Depósitos y Esta- ciones de Tratamiento y Centrales Elevadoras....	511
3.6.2.1 Canal del Sorbe.....	512
Notas 3.6 .....	525
CAPITULO IV.....	527
4. Aproximaciones realizadas para averiguar el consumo de agua por zonas en Madrid.....	528
4.1 Madrid y el abastecimiento de agua.....	546
4.1.1 Madrid .....	547
4.1.1.a El consumo actual.....	550

	<u>Página</u>
4.1.1.b La dotación actual.....	553
4.1.1.c El estancamiento de la dotación en los últimos años.....	558
4.1.2 Area Metropolitana y área abastecida por el Canal.....	560
Notas 4.1.2. ....	598
4.1.3 Expansión del Canal y abastecimiento a la provincia de Madrid.....	599
4.1.3.a Análisis comparativo del consumo de agua en las comarcas de Madrid, Segovia, Avila, Guadalajara y Toledo.....	602
4.1.3.b Expansión del Canal y abastecimiento a la provincia de Madrid.....	617
4.1.3.c El consumo en el área abastecida por el Canal en 1.979 .....	626
Notas 4.1.3.....	630
4.1.4.a La Sociedad Hidráulica Santillana y otros sistemas de abastecimiento en la pro- vincia de Madrid.....	632
4.1.4.b Abastecimiento de agua a los pueblos de la Sierra.....	634
4.1.4.c Otros sistemas de abastecimiento.....	639
Notas 4.1.4 a, b, c .....	646
4.2.1.a Distribución temporal del consumo, con- sumo por estaciones y meses.....	647
Notas 4.2.1.a .....	664
4.2.1.b El consumo por horas del día.....	665



	<u>Página</u>
Notas 4.2.1.b .....	676
4.2.1.c Máximos y mínimos del consumo.....	677
4.2.1.d Restricciones.....	684
Notas 4.2.1.d .....	688
4.2.2. El consumo y la dotación total en los barrios de Madrid.....	689
4.2.3 Evolución de los hábitos de consumo y de la dotación.....	700
Notas 4.2.3.....	722
4.2.4 Consumo domiciliario y público por ba- rrios en Madrid.....	724
4.2.5 El consumo hipotético de agua industrial en Madrid.....	741
Notas 4.2.5 .....	760
4.2.6 El consumo de agua industrial por ba- rrios en Madrid.....	762
Notas 4.2.6 .....	787
4.2.7. Consumo industrial y comercial por barrios y sectores de actividad según el programa Tradi Codi.....	788
4.3 Estudio Sanitario de las aguas que abastecen Madrid: Contaminación, previsión y Control.....	814
Notas 4.3.....	828
4.3.1 Análisis del agua.....	831
4.3.1.a La cristalinidad de las aguas.....	838
4.3.1.b Depuración de aguas por el Canal.....	839

	<u>Página</u>
4.3.1.c Las condiciones que debe cumplir el agua..	842
4.3.1.d El agua abastecida por el Canal cumple las condiciones de potabilidad2.....	861
Notas 4.3.1 a, b, c .....	869
4.3.2 Agua. Morbilidad y Mortalidad en Madrid.....	872
Notas 4.3.2 .....	886
Apéndice 4.3.2.....	887
4.3.3 Vertidos y recuperación. Saneamiento y eutro- fización de las cuencas que abastecen Madrid.....	888
Notas 4.3.3 .....	901
Apéndice 4.3.....	902
CAPITULO V.....	910
5. Previsiones y Conclusiones.....	910
5.1 Previsiones Pasadas: El Tajo, Entrepeñas y Buendía.....	911
5.2 El Alberche y el Tietar.....	913
5.3 Duero-Tormes.....	917
5.4 Duero-Adaja-Voltoya.....	918
5.5 Jarama Medio.....	919
5.5.1 Problemas que plantea la nueva división territorial de España.....	921
5.6 Acuíferos cretácicos del Norte de Madrid.....	922
5.7 Acuíferos en las arenas de Madrid.....	927
Notas 5.1 a 5.7 .....	929
5.8 El Canal en el Año 2.000 .....	930
5.8.1 Previsiones de Población.....	936
5.8.2 El consumo global.....	940

	<u>Página</u>
5.8.3 La dotación en el futuro.....	943
Notas 5.8 .....	950
5.9 Conclusiones.....	951
Bibliografía.....	963

PROLOGO E INTRODUCCION

### Prólogo

" Madrid, para cualquier investigador o curioso, es una ciudad sin fin ", y esta afirmación que más parece una greguería del "Gran" Ramón Gómez de la Serna, obliga a muchos. Induce al que escribe sobre nuestra ciudad a dejar muchas horas de trabajo, muchos esfuerzos, posibilidades e inquietudes en el estudio apasionado de un hecho geográfico desbordante. Por ello, cuando el Dr. Casas Torres, profundo conocedor del Valle del Lozoya desde hace unos años, me propuso como tema de Tesis Doctoral " El abastecimiento de aguas a Madrid " me invadió una gran preocupación. Medité sobre el tema con calma y acepté el reto. Y digo "reto", porque lo fue, porque significaba enfrentarse a una gran responsabilidad al no existir una metodología geográfica clásica, y equivalía en algún aspecto, partir de cero, y en otros, encontrar una labor de información excelentemente realizada por el Canal de Isabel II, y en la que mi posible aportación sería infima.

Por otra parte, el tema de los abastecimientos a poblaciones es puntual y técnico, se tratan infinidad de aspectos monográficos con análisis muy especializados, incomprensibles, la mayor parte de las veces, para un profesor de Geografía, con una complejidad tan absoluta que me hubiera obligado a ser a la vez químico, físico, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ingeniero de

Montes, geólogo, sociólogo, matemático, etc.

Hasta tal punto que el enfrentarse con un sistema de abastecimientos como el Canal, no es una tesis, son varias con un denominador común, el agua en Madrid.

Mi aportación está basada en la búsqueda de relaciones espaciales entre abastecimiento de agua y hombres. De cualquier forma, enfrentarse con este trabajo hubiera sido más factible con un equipo interdisciplinar de estudiosos, de ahí que los posibles fallos, no se deben a la falta de ideas del doctorando, sino a la falta de medios materiales y técnicos, y en gran medida, si se quiere, de formación.

El interés de esta tesis, reside en dar una visión de conjunto a un hecho fundamental en Geografía Urbana; "El agua es un factor limitante en el desarrollo de las ciudades", esta hipótesis la he aplicado al caso de Madrid, procurando ver la distribución espacial de los hechos, y al mismo tiempo comparar con otras zonas.

La dispersión es muy grande, por un lado estudio la relación población — agua, por otro el valor del medio físico como potenciador del abastecimiento, en otro lugar la evolución del mismo, así como los problemas de captación. El punto fuerte está en la distribución espacial y los problemas del agua, medio ambiente y sanidad, completado todo con una aproximación al futuro y unas conclusiones. A esta dispersión he tratado de darle un marco espacial, que se apoya en Madrid y he establecido varios niveles comparativos; próximas limítrofes, España, Europa, hasta donde me lo han permitido las fuentes consultadas, que no dudo que podrían haber sido mayores.

He tratado de hacer mi trabajo con la mayor concisión posible, procurando no caer en la trampa de la descripción excesiva, y he tratado de proceder con método, es decir, observando el fenómeno o los datos del mismo, elaborando hipótesis, procediendo a recoger la información, elaborarla y clasificarla, para con posterioridad describirla con ayuda de mapas, y por último analizar y explicar los resultados.

En multitud de ocasiones los procesos se han visto reducidos a meras descripciones por falta de otros elementos de juicio. Pero en última instancia cualquier punto ha sido el resultado de muchas horas de elaboración personal, de una aproximación bibliográfica muy dispersa y de unas fuentes estadísticas variables en su calidad, y las mejores, de difícil elaboración.

A pesar de todo, esta tesis ha sido posible gracias a la colaboración desinteresada de muchas personas; en primer lugar debo agradecer al personal del Instituto de Geografía Aplicada del C.S.I.C., del que he sido becario, y en especial a su director y amigo, Dr. D. José Manuel Casas Torres, que con gran perspicacia ha sabido eliminar lo accesorio y potenciar lo fundamental de este trabajo, utilizando inclusive sus días de descanso para corregir errores y organizarlo.

Un agradecimiento especial merece el Canal de Isabel II, como institución y de forma particular el Ilmo. Sr. Dr. Ingeniero D. Rodolfo Urbistondo, Ingeniero Director, sin cuyo apoyo no hubiera podido comenzar, pero también debo manifestarlo, y lo hago con mucho gusto a todo el personal, Ingenieros Dr. de Aguinaga, Dr. Pancorbo, Dr. Díez y Díez de la Cebosa, D. Miguel García, D. Mario Santos, el Dr. Ojeda y muy especialmente a D. Santiago Lozano, y a tantos cuyo nombre no recuerdo.

5.

Debo agradecer también al Servicio Sindical de Estadística, de la desaparecida Organización Sindical en la persona de D. José Polo. También al Ministerio de Planificación del Desarrollo, y a D. Jaime Lleó de la Vía del CEOTMA, (M.O.P.U). así como al personal de los Archivos de Obras Públicas, Biblioteca de Caminos, Biblioteca del Instituto de Estudios Hidrográficos, del Archivo Histórico Nacional, etc., y por último a María Rosa Cobos, María de los Angeles Rodríguez y Juana María Rodríguez por su colaboración, en el mecanografiado y la corrección de originales.

He tratado de hacer una tesis inteligible, aunque en ocasiones la multitud de gráficos, datos estadísticos o apéndices y exceso de variables numéricas hayan en sombrecido un panorama claro; espero, no obstante, que resulte útil a los intereses de la sociedad, que es la que debe exigir el perfeccionamiento de sus profesionales y un mayor conocimiento de la realidad geográfico-espacial en la que habita.

Madrid 25 de Junio de 1.981.



INTRODUCCION. ¿Por qué un estudio sobre el abastecimiento de agua a Madrid?

La elección del tema está justificado, en gran medida, y a pesar de las dificultades, porque los problemas que plantea el abastecimiento y distribución espacial del consumo de agua a una gran ciudad son de indudable interés geográfico, máxime si se tiene en cuenta, que la hipótesis inicial de este trabajo es la existencia de un alto grado de relación entre el desarrollo de las grandes ciudades—no sólo el número de habitantes, sino también el desarrollo superficial, y Madrid es una gran ciudad— con la distribución espacial de la dotación y consumo de agua.

He dividido la tesis en un sencillo esquema compuesto por los siguientes apartados:

El primer capítulo es el de las relaciones con el medio; es decir, las modificaciones que la ciudad ha provocado en el área que la abastece con la creación de infraestructuras, o dicho de otra forma, el aprovechamiento de las posibilidades del inmenso reservorio de agua del Sistema Central para abastecer a la ciudad de Madrid. Describe de forma somera la situación, el emplazamiento y el relieve en aquellos aspectos que inciden en la construcción de presas, conducciones y depósitos así como la litología en relación con Madrid. Pero sin duda los apartados más importantes de este capítulo son los de clima e hidrografía, como posibilitadores en última instancia del consumo.

El segundo capítulo habla de la singularidad de Madrid, con una descripción de los hechos que han permitido su desarrollo. En este epígrafe entra el agua como factor en unos casos limitante o retardatorio y en otros catalizador del proceso de crecimiento de la población y de la ciudad.

El tercer capítulo es la descripción de las instalaciones del Canal y su desarrollo histórico. Que va desde los antecedentes hasta su construcción, proyectos de abastecimientos que no se realizaron, hasta la actualidad, en que el Canal cuenta con once grandes presas, cuatro azudes o presas menores, seis

estaciones de tratamientos de agua, quince depósitos reguladores, cinco estaciones de elevación, tres sistemas de captación subterránea, quince grandes canales y casi tres mil seiscientos Km de redes de distribución, en un área abastecida de más de mil Km<sup>2</sup> potenciales.

El cuarto capítulo es el que explica la distribución del consumo actual, con dos apartados: el primero que trata del consumo global de Madrid y del área abastecida por el Canal de Isabel II, que incluye consumos específicos y distribución temporal del consumo y el segundo de la sanidad de las aguas.

En el primer apartado comienzo por explicar los métodos utilizados para conseguir acoplar los códigos territoriales de la distribución de la población y la de agua, ya que los datos de población están referidos a la división territorial establecida en 1971 por el Excmo. Ayuntamiento de Madrid, mientras que los datos de agua tienen un código territorial que es el utilizado en el Servicio de Mecanización de datos del Canal de Isabel II y que denomino "Código Sectores del Canal". Una vez que he realizado el trasvase de datos de agua al Código Municipal pude saber el consumo de agua; en el año 1977, de todos los barrios municipales de Madrid, en tres grandes apartados; consumo domiciliario y público, consumo industrial y comercial y consumo total, que relacionados con la población me han permitido saber la dotación domiciliaria y pública, la industrial y comercial y la dotación total. Para que la información elaborada se viese mejor, la trasvasé a unos mapas de Madrid escala 1/100.000. En otro de los apartados trato del agua industrial y su localización en los barrios madrileños, aunque de forma menos exacta.

Por último, dentro de este capítulo está la sanidad, que comienza con una reflexión expresada por el profesor Jean Labasse, y que es marginal a mi Tesis, "¿La ciudad de Madrid es solidaria con la cuenca del Tajo aguas abajo?". En la actualidad, y a pesar del esfuerzo de todos con el Plan de Saneamiento Integral de Madrid y el Plan General de Estaciones Depuradoras, todavía las aguas que salen de Madrid no llevan el mínimo

mo de depuración exigible, sin contar con las de los municipios del Jarama y del Henares. Fundamentalmente mi aportación posible es, en este capítulo, más pobre pues me limito a establecer el grado de salubridad del agua de Madrid y los problemas que se plantean aguas arriba y aguas abajo.

El quinto y último capítulo es el de las conclusiones y las previsiones y posibilidades futuras, en las que describo los anteproyectos del Jarama Medio, las posibilidades del Alberche y el Tietar, los acuíferos cretácicos del Norte de Madrid, las arenas de la facies Madrid como reserva de agua y la reutilización de las aguas en actividades no domésticas, etc. Incluyo un apartado sobre el Madrid del año 2.000 y los problemas que se van a plantear a una ciudad o a un área abastecida que tendrá de seis a siete millones de habitantes.

He tratado de resumir en unas cuartillas el trabajo de varios años alternados con la docencia universitaria, y ruego al posible lector de esta Tesis que cualquier sugerencia, información o crítica me la remitan al Instituto de Geografía Aplicada del C.S.I.C. C/. Serrano 115 bis, novena planta. Madrid 6.

Pero esta descripción de lo realizado no impide que haga unas reflexiones sobre los objetivos de la Tesis, y he preferido empezar un poco "la casa por el tejado" para que se comprendan mejor las razones, no sólo porque se tienen ya elementos de juicio suficientes sino también porque así facilito la comprensión de los mismos, y a la vez de los argumentos que expongo.

La primera de estas reflexiones estaría basada en el hecho de que el abastecimiento a una gran ciudad puede tener en Geografía un enfoque doble; uno que lo situaría dentro del campo de la Geografía Urbana, y otro en el de la Geografía Regional. En el primero por cuanto que el consumo de agua potencia la vida urbana, la industria y el comercio, y en última instancia el agua domiciliaria y las conducciones son un fenómeno urbano que han podido definir bien durante muchos siglos la condición de ciudadano. Es más, en las fundaciones de ur-

bes romanas se atendía de forma principal al abastecimiento de aguas, muy por encima de las necesidades del momento y tratando de prever los aumentos de población—vease el magnífico sistema de abastecimiento de Roma, Segovia, etc.—Las Termas, los Baños Arabes, etc., son fenómenos urbanos, son además servicios públicos que sólo pueden encontrarse donde las ciudades están desarrolladas, es decir, cuanto que existen comunidades más o menos prósperas y con población suficiente para que puedan atender a sus gastos de construcción y mantenimiento, y únicamente lo hacen, durante siglos, las municipalidades. Un caso singular de este fenómeno son los Baños de Gerona, Mallorca, Alhambra de Granada, Acueducto de Mérida, Tarragona, Gijón, etc.

En Barcelona (2), por ejemplo, aún siendo "Parvum oppidum", es notoria la existencia de un acueducto, ya que los romanos se fijaron en los abundantes manantiales del Besòs, como los más apropiados para aprovisionamiento de la ciudad. En las excavaciones romanas practicadas en la zona de la Plaza del Rey se han encontrado y puesto de manifiesto largos tramos de conducciones de agua, testimonio de la densidad y eficacia de la red de abastecimiento hídrico de la primitiva Barcino. Durante la Alta Edad Media son los Condes, los Obispos, las Ordenes Religiosas y los Nobles de forma privada los que canalizaron el agua o abrieron pozos para el consumo. Pero desde el siglo XIV es el Ayuntamiento el que se encarga del abastecimiento y la organización de las aguas de Barcelona, y sus "Mestres de Fonts" fueron muy prestigiosos durante toda la Baja Edad Media. Es decir, los municipios controlaban el suministro y el caso de Barcelona es una muestra entre muchas.

Lo importante del proceso urbano desde el punto de vista histórico y a nivel general, es que el abastecimiento de agua se convierte en un fenómeno de intervención pública, estatal o municipal en épocas de auge económico, mientras que cuando la situación económica se deteriora el abastecimiento lo realizan particulares de ahí que las fórmulas de abastecimiento mixtas, es decir públicas y privadas,

con participación de capital estatal o municipal y capital privado deben ser en mi opinión las más perdurables.

En última instancia como las modas, intelectuales, en el vestir, etc., el consumo de agua es un hecho urbano, el aseo y la higiene personal se generaliza y se irradia en y desde las ciudades, por tanto, los hábitos de consumo humano de agua están directamente influidos por las ciudades. Del caballero rural de la Edad Media al cortesano del XVII y XVIII hay un aumento de dotación de agua tan importante, como la de este último al ciudadano de hoy.

El agua es también un fenómeno cultural urbano en una faceta ornamental; las fuentes, que constituyen un hecho característico de la misma esencia de la ciudad, y resultan más evocadoras en el aspecto de la percepción que por ejemplo la densidad, la superficie ocupada, etc.

En segundo lugar podría situarse el abastecimiento de agua en una gran ciudad dentro de la Geografía Regional. Este hecho se puede plantear desde ópticas diferentes; la primera es la de la superficie que ocupan las cuencas hidrográficas, es decir, que la ciudad condiciona usos de suelo distinto a los tradicionales en un área extensa; mil o dos mil kilómetros cuadrados. Impone otros usos a las zonas rurales de las que se abastece, en particular superpone en las vegas de los ríos los embalses, o bien en las conducciones, captaciones subterráneas, derivaciones, depósito, etc., en áreas de ocupación agraria y ganadera, modificando los usos del suelo, incluso en una forma de más impacto negativo como puede ser la transformación de las zonas de pastos en bosques repoblados para contener la erosión y por tanto evitar el aporte de materiales en el fondo de los embalses, esto puede provocar un cambio en la morfología rural más importante de lo que pudiera parecer a simple vista y, en cierto modo, cambia la dedicación del suelo que pasa en muchas ocasiones de agrario a zonas de servicios o de viviendas secundarias. Geográficamente resulta por tanto más importantes aquellos hechos que modifican sustancialmente

el paisaje como son los embalses y las redes de distribución interna de las ciudades que permiten su expansión.

Por otro lado, la propia definición de región "homogénea", implicaría en algunas ocasiones el concepto de cuenca hidrográfica; que con no ser un criterio válido, ya que se trataría de una delimitación regional con una sola variable, es una primera aproximación a la misma.

Particularmente pienso que la delimitación regional debe estar basada en una primera fase en la ordenación de los recursos naturales, aprovechamiento de la tierra, mejora del suelo, repoblación forestal, utilización del agua, etc., es decir, serían las variables físicas las que nos darían una primera valoración de la región. De esto se puede deducir que el criterio de cuenca hidrográfica sería una de las variables a considerar, no única, pero sí con un peso ponderado considerable (3). Pero lo fundamental de la planificación a nivel regional debe ser la búsqueda, al mismo tiempo, de una homogeneidad física y económica razonable, y cierta unidad en la opinión pública. Una vez conseguido esto, se procedería a la delimitación y al proceso de planificación, que se basaría en la caracterización de áreas con recursos afines e identidad notable de la conciencia regional de sus habitantes; los recursos deberían estar centralizados y coordinados desde las oficinas centrales de la región. De aquí que los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica deben coordinarse desde un organismo centralizado para la región, procurando que lleguen a todas partes en función de las necesidades y de la población. En definitiva, los problemas de abastecimiento de agua que están ligados a las cuencas hidrográficas, deberían ser administrados, vigilados y potenciados por los servicios centrales de cada región. Aunque en ocasiones se pueda trasvasar agua de unas cuencas a otras en función de las necesidades y sin perjuicio de ninguna región y de terceros. De tal modo que no se perjudique ni siquiera las posibilidades de desarrollo de un período de tiempo de veinticinco a cincuenta años, y al mismo tiempo que se poten-

cie la utilización de los recursos hídricos en la cuenca afectada al máximo en dicho período.

En ocasiones, el nivel regional no coincidiría con el de cuenca hidrográfica, en esta tesis hay claros ejemplos; para estudiar el abastecimiento de Madrid y del área metropolitana se podría establecer una división territorial delimitada por los interfluvios de determinadas cuencas de ríos afluentes del Tajo; es decir, delimito el sector noreste de la cuenca hidrográfica de este río. Pero para un estudio regional más amplio; utilizo una región compuesta por las provincias de Avila, Segovia, Guadalajara, Madrid y Toledo; donde en definitiva he conseguido datos estadísticos. Por lo que los niveles regionales no tienen que coincidir de forma absoluta con la cuenca hidrográfica. Incluso, puede haber otros criterios de similitud geográfica, por ejemplo, en el caso de esta tesis, son por un lado los datos mencionados y por otro un doble aspecto, el Sistema Central y la cuenca del Tajo; el Sistema Central, por lo que respecta a Guadalajara, Madrid, Segovia y Avila (zonas de captación) y la cuenca del Tajo por las provincias de Toledo, Guadalajara, y Madrid (zonas afectadas directa o indirectamente por el abastecimiento); en última instancia, aquí tendríamos en las zonas marginales, incluso, otras cuencas, como la del Guadiana en la región de los Montes de Toledo, con su afluente el Bullaque, y en algunas zonas, el Guadalquivir en la comarca de Molina de Aragón (zonas de las que he conseguido datos estadísticos).

En definitiva existen en cualquier tipo de regionalización y, posteriormente, de planificación un dejar límites confusos para evitar problemas con las zonas marginales y en última instancia realizar planes especiales para estas zonas, una vez que se ha realizado la delimitación total del territorio considerado, en particular los referidos al agua; regadíos, abastecimiento, saneamiento, embalses, etc.

Otro de los hechos característicos a nivel urbano sería el proceso de urbanización. Madrid ha podido crecer gracias al agua. Pero aquí se plantean un cúmulo de reflexiones,

uno podría ser el de las cargas del agua; el ciudadano madrileño o el de la zona abastecida por el Canal, paga por metro cúbico de agua cantidades iguales, no importando la distancia que tenga que recorrer este agua para llegar a su casa. Es decir, no existen cargas especiales por costo de agua/distancia para los habitantes del suburbio; bien es verdad, que ellos han tenido que soportar durante años en sus zonas los inconvenientes de la adecuación de área rural a espacio urbano, pero los habitantes de las áreas centrales de la ciudad, han pagado, incluido en el precio del agua, parte del proceso de urbanización de las zonas marginales, incluso han pagado, con sus impuestos de radicación y de alcantarillado, parte de las infraestructuras básicas de las zonas urbanizables. El caso de Madrid ha sido muy especial, durante los últimos años, la ciudad ha crecido sin ajustarse a ningún Plan de forma clara, dada la cantidad de Planes Generales y parciales, en total anarquía y en ocasiones sin energía, agua, o alcantarillado, lo importante era la edificación de la casa. Esta situación ilegal se ha visto acompañada por la mejora en el nivel de vida, con lo que la primitiva situación incomoda ha sido paliada, bien por la iniciativa privada que realizaba pozos negros, conducciones privadas, etc., o bien por iniciativa pública, más tardía, que iba remediando la situación y legalizando "de facto" las construcciones ilegales. De alguna forma, este proceso ha sido realizado por los habitantes de los barrios centrales de la ciudad, cuya situación era legal y debían en teoría, pagar los impuestos municipales y los costos de amortización inherentes al consumo de agua o al de electricidad. Pero ha sido "el Estado" el que en definitiva, ha aportado los medios suficientes para modificar la situación primitiva, de modo que en el caso del abastecimiento del agua ha jugado un papel fundamental a partir de los años sesenta para tratar de remediar una situación caótica. El agua y el proceso de urbanización, no son sólo incumbencia en definitiva de la iniciativa privada, forzada en el caso



de los inmigrantes; o no, en el caso de las constructoras, si no que el Estado es el que debe crear el suelo urbanizable, pero creo que las soluciones vinieron en gran medida posteriormente a los hechos denunciados y creando un proceso injusto:

) 1) Porque los habitantes del suburbio han soportado situaciones límite, casi infrahumanas incluso realizando con sus medios los trabajos de infraestructura.

2) Porque los habitantes de los distritos centrales han tenido que soportar cargas del proceso de urbanización que no les correspondían de forma tan directa.

3) Porque la iniciativa privada ha actuado sin tener en cuenta en ocasiones los planes generales: incluso los parciales en el proceso urbanizador.

4) Porque la acción tutelar del Estado ha llegado y sigue llegando tarde a paliar situaciones caóticas, aún cuando dentro de sus deberes está el dar agua a Madrid, ya que el municipio por sí sólo no tiene entidad económica suficiente para abastecer al 10% de la población española de este bien.

La acción directa de la gestión del agua es una de las funciones que el Estado delega en los Ayuntamientos, en el caso de Madrid la acción tutelar se ejerce de forma directa por el Estado según las Memorias del Canal, y este hecho se confirma en el propio Decreto de creación por Real Decreto de 18 de junio de 1851 de la Reina Isabel II. Por Ley de 8 de febrero de 1907, modificada por otra de 17 de julio de 1945, los servicios, gobierno, y administración del Canal de Isabel II funcionan por delegación del Estado bajo la inmediata dependencia de su Consejo de Administración y a las órdenes del Ministerio de Obras Públicas. El reglamento para aplicación de la Ley de 8 de febrero de 1907, aprobado por Real Decreto de 23 de septiembre de 1909, constituye definitivamente, bajo la presidencia de su especial Delegado del Gobierno, el consejo de Administración del Canal de Isabel II, que intervendrá en la gerencia, administración e inversión de los recursos del Canal y la ejecución de las res-

pectivas obras, así como la realización y dirección de todos los servicios, gobierno y administración del Canal de Isabel II, con facultad de informar al MInistro de Obras Públicas.

Todas las instalaciones del Canal son propiedad del Estado y el abastecimiento a particulares se hará con arreglo al reglamento del Canal, aprobado por Real Decreto de 6 de febrero de 1903. Las relaciones con el Excmo. Ayuntamiento de Madrid son las establecidas por Convenio de 13 de junio de 1932, modificado por el Artículo 2º del Decreto de 7 de noviembre de 1947. Por Decreto de 25 de febrero de 1965 se aprobó la adquisición de la Hidráulica Santillana. Por último, por Real Decreto 1901/1977 de 1 de abril de 1977, el Canal de Isabel II pasa a ser empresa pública dependiente del M.O.P.U. y se amplía su ámbito territorial de actuación a los municipios de la provincia de Madrid y de las cuencas de sus sistema hidráulico que así lo convengan con el Canal. Haciéndose cargo incluso de la depuración y saneamiento de aguas residuales. El Canal debe ajustar sus tarifas a la realidad para llegar a un equilibrio financiero. El Real Decreto 3459/1977 de 16 de diciembre ha aprobado el Reglamento del Canal de Isabel II.

Otro de los hechos que me han llamado la atención, es la escasez de bibliografía geográfica que existe sobre el tema de los abastecimiento de agua a ciudades en España. Son contadas las monografías geográficas sobre el tema del agua en el proceso urbano. En nuestro país, el pionero fue Cabo Alonso (4), posteriormente se produjo un vacío hasta que Higuera y Calvo en Zaragoza resucitaron el tema (5), y en esta misma Universidad se han realizado varios trabajos; una tesis y una memoria de licenciatura reflejadas en su órgano de expresión, la revista Geographica, con dos magníficos trabajos, uno de J. M. García Ruiz (6) y otro de J.M. Marín Jaime (7), aunque también y de forma puntual han tratado el tema del agua Valenzuela (8) y Urbistondo (9). Ultimamente Sanz García, que siempre lo ha tenido presente, y el autor de esta tesis (10) somos los que hemos

dedicado alguna atención al tema del abastecimiento del agua. Hay numerosos trabajos de ingenieros, sociólogos y urbanistas; para los primeros el agua es un elemento al que aplican puntos de vista técnicos, los estudios se limitan a un elemento del problema agua; es decir, que la información que aportan es bastante rica, incluso desbordante para un geógrafo, pero puntual. Por otro lado, los sociólogos investigan sobre el agua de forma superficial, y tan sólo en unos aspectos relacionados con la calidad de vida y medio ambiente urbano. Igual sucede con los urbanistas que bien tratan de aspectos técnicos o bien del agua como elemento arquitectónico, fuentes, piscinas, etc.

Por lo que se refiere a la bibliografía internacional, también escasea la información sobre consumo de agua a nivel urbano, destacando por su importancia los trabajos de Chorley (11) y Labasse (12), aunque existen importantes monografías sobre el tema del agua (13).

Desde el punto de vista técnico la información vuelve a ser desbordante y puntual (14), Congresos de grandes presas, revistas especializadas; "Aqua", "Agua", "Water", Obras Públicas, etc; Informes de la O.C.D.E. otras que tratan los problemas de agua en el mundo, pero siempre con visiones parciales, incluso con apreciaciones o bien catastrofistas o bien simplistas, más o menos elucubradoras sobre la escasez de agua en el futuro, pero sin estudios básicos de información y sin datos científicos de carácter local; o bien de aspectos técnicos, manuales de hidráulica, sistemas de canales, recopilaciones de presas de gravedad, o de materiales sueltos, etc. Sin duda son las monografías dispersas de tipo técnico las que llevan una ventaja total sobre las geográficas, pero faltan las visiones de conjunto y sobre todo los estudios de ámbito urbano.

El agua puede ser un elemento importante descongestionador si se utiliza un modelo espacial desconcentrado. Pero hasta el momento se ha utilizado como un factor que refuerza el papel central de una ciudad. El hecho es evidente, las

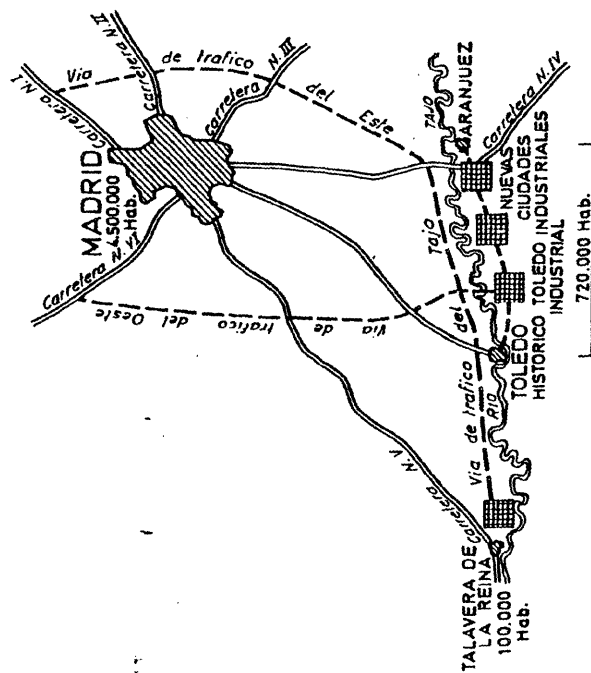
infraestructuras que se realizan para abastecer un núcleo de agua son muy costosas, de aquí que cuanto mayor sea el número de habitantes del mismo, resulta más rentable, hasta cierto punto, ya que genera un movimiento de capital e iniciativas privadas que se ahorran los altos costos de infraestructuras. Estos capitales provocan una industrialización o una generación de riquezas que atraen inmigrantes y estos fuerzan a los poderes públicos a que se aumente el abastecimiento, todo ello con grandes costos sociales.

Pero he dicho que puede ser un elemento importante de descongestión, de una forma directa frenando la creación de infraestructuras para determinadas zonas urbanas congestionadas y acelerando el proceso en áreas cercanas, que se benefician de una situación privilegiada y que sirvan de muro de contención a los procesos de emigración.

Recuerdo el caso de la descongestión de Madrid. Si nuestra ciudad y su área de influencia directa de 50 Km de radio sigue el proceso de crecimiento actual en mancha de aceite vamos a conseguir un monstruo solitario, es decir una ciudad de seis o siete millones de habitantes con un radio de trescientos Km despoblados o con seiscientos mil o setecientos mil habitantes. Uno de los fenómenos que desde hace años contribuye a este hecho es la creación de infraestructuras básicas concentradas alrededor de Madrid. Si se potenciaran éstas en las ciudades cercanas de la región centro, en los ejes que ya se propusieron Aranda-Segovia-Avila, eje de Henares, eje del Tajo, interconectados el primero con el eje Aranda-Burgos-Miranda por un lado, y por otro, con el eje Valladolid-Palencia, el segundo con Sigüenza-Medinaceli-Calatayud-Zaragoza, y el tercero con todo el sur y el oeste de la península, se conseguiría la vertebración de un territorio de doscientos kilómetros de radio (siempre que se hiciesen otras actuaciones a nivel comarcal para evitar desequilibrios intrarregionales).

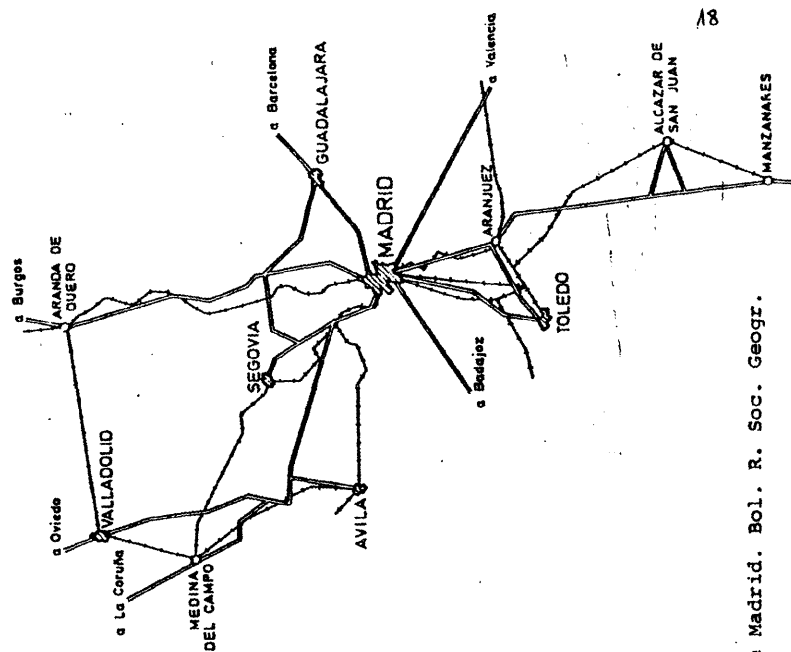
Estas ideas de posible descentralización de Madrid a favor de las ciudades medias que la rodean son antiguas (15),

**PROYECTO DE POBLAMIENTO DEL TAJO**  
(Recogido de García-Pablos, ob. cit.)



720.000 Hab.  
Toledo a Aranjuez 45 Kms.  
Fuente: CARPIO MARTÍN, J.: El Plan de descongestión de Madrid. Bol. R. Soc. Geogr.  
Tomo CXII. Madrid, 1976. pag 121.

**POLIGONOS DE DESCONGESTION DE MADRID**



pero no dejan de tener vigencia a pesar de la crisis económica y pienso, que este momento crítico, es ideal para sentar las bases de un futuro más ordenado para nuestra región. Que duda cabe que nuestra ciudad seguiría teniendo el papel rector de todo el sistema, particularmente en el área central, teniendo en cuenta que la división territorial de España, con las autonomías va a crear un problema importante; ya que la influencia de Madrid va a traspasar las fronteras administrativas, superponiéndose sobre dichas divisiones territoriales de forma natural y creando problemas en la ordenación del territorio. De algún modo, cualquier proyección o planificación que afecte a Madrid y a su área de influencia ha de hacerse con mucho cuidado para evitar problemas de desvertebración y en definitiva de hundimiento y decadencia de la región central.

Cualquiera de los modelos de vertebración fijados no se cumple en la actualidad a pesar de los esfuerzos realizados por la administración, ya que los Polos de Desarrollo creados por la iniciativa pública han tenido un éxito parcial, al mismo tiempo que la iniciativa privada ha volcado sobre Madrid y los alrededores todo su peso creando infinidad de industrias concentradas en los municipios cercanos, de modo que el efecto difusor de Madrid ha quedado limitado a un radio de 50 Km y en los ejes de las carreteras y ferrocarriles. Estas afirmaciones se pueden ver claramente en un trabajo reciente sobre la industria madrileña (16). Y aunque los flujos económicos madrileños estén muy conectados con el resto de la nación (17), falta una visión más territorial del hecho, más geográfica, no sólo son importantes las relaciones de Madrid con el resto de las regiones, sino los aspectos espaciales; el que no haya vacíos, es decir, que los intercambios económicos se produzcan generando riquezas en las regiones cercanas ahora deprimidas.

De todo esto se deduce que la creación de infraestructuras, en este caso de abastecimiento de aguas, es más atractiva para potenciar la iniciativa privada, en la mayor par-

te de las ocasiones, que la creación de polígonos industriales o Polos de desarrollo. Pensemos, por ejemplo, en Segovia, una capital de provincia que podría desempeñar un papel importante en las relaciones de Madrid con el Norte de la Meseta, e incluso con el norte de España, que tiene en estos momentos comunicaciones insuficientes, con un ferrocarril lento, con carreteras dificultosas y otras variables que se podían mejorar con un túnel para ferrocarril y carretera, o pensemos en el abastecimiento de agua, ya que en la actualidad "disfruta" de dotaciones bajas, con escasez en verano, e incluso con restricciones. Este ejemplo es uno entre las muchas ciudades del centro de España que podrían ser potenciadas.

De aquí que en estas reflexiones podríamos enlazar el problema del agua en otro aspecto de indudable interés como es la Geografía Aplicada. El agua es un elemento y un factor del paisaje: el agua es un elemento que utilizado de forma racional sirve para el progreso de las naciones y el bienestar de los pueblos. El hombre en última instancia se ubica en los lugares donde el agua hace posible la vida. No quisiera extenderme en los aspectos filosófico-vitalistas del agua, que ya están muy tratados; entre otros Labasse y Sanz GARCÍA (18). Quiero tratar el problema del agua como potenciador del proceso de urbanización y desde el punto de vista de la Geografía Aplicada en la que puede servir:

1) Como creador de modelos que aconsejen determinada ubicación. La abundancia de recursos hídricos puede ser una variable importante a la hora de localizar una industria o una determinada actividad, por ejemplo, una central termoeléctrica, de las que utilizan agua como refrigerador, (existe en España una sola térmica que se refrigera con aire, en Utrilla, provincia de Teruel). Del mismo modo, el consumo de agua puede servir como un índice de desarrollo industrial, según la cantidad de agua industrial por habitante, por Ha. o simplemente sobre el total nos puede servir como valor indicativo y comparativo para determinar el grado de desarro

llo industrial, incluso, según las técnicas empleadas en la captación, por ejemplo desalinización, con energía solar, etc., o el grado técnico de las infraestructuras, embalses, canales, tratamientos previos, depuración, control de vertidos, etc. Todos estos valores son hoy día los mejores medidores del avance tecnológico y de desarrollo de una nación, región o área urbanizada.

2) Pueden ser usadas las variables del agua como indicadores del bienestar, aplicando sus valores, no a los clásicos índices de tipo cuantitativo, si no a los de tipo cualitativo, es decir, de la calidad de la vida. El agua es uno de los índices que utiliza la O.C.D.E. (19) para medir el grado de desarrollo de una comunidad. El consumo de agua por habitante y año o día, puede ser tan importante, para mí en ocasiones mayor, que el consumo de acero o cemento, porque en el consumo de agua potable y domiciliaria van implícitos, en cierta medida, otros valores cuantitativos.

3) El agua puede ser utilizada como indicador del grado sanitario de una región. Es, sin duda, uno de los indicadores en sanidad más claros. De un buen sistema de abastecimiento de agua depende la salud de los ciudadanos, en Madrid, por ejemplo, se han producido en este siglo un buen número de defunciones por enfermedades hídricas por el hábito de consumir agua de fuentes públicas que procedentes de los antiguos "viajes" estaban contaminadas, merced a la destrucción de las redes por la construcción de pozos negros, esto ha obligado al

Ayuntamiento a clausurar varias fuentes, no permaneciendo en la actualidad ninguna en funcionamiento. Midiendo el grado de desarrollo de las infraestructuras nos podemos hacer una idea clara de la sanidad, incluso haciendo abstracción de las tasas de la mortalidad y morbilidad (me refiero a las infraestructuras de abastecimientos de agua, estaciones de tratamiento y a las sanitarias, colectores, etc.).

4) Puede ser utilizada como activadora o retardadora de un proceso de urbanización. La potenciación por



parte de los poderes públicos de las redes de abastecimiento es un acicate importante para los municipios industriales o para las promociones urbanísticas de iniciativa privada que generan riqueza de forma inmediata, incluso, y en la mayor parte de los casos, de tipo especulativo. Por otro lado, la inhibición de dichos poderes del deber de abastecer con buenas dotaciones una determinada urbe hace que sea la iniciativa privada la que cargue con los costos de infraestructura, y como ésta es más bien remisa a ejecutar tales obras, en definitiva los poderes públicos, la fuerzan a realizar actuaciones en otras zonas. Esto es lo que sucedería de forma teórica en cualquier país desarrollado, pero no en España, donde los Planes generales van por un lado y los planes parciales por otro, interfiriéndose y modificándose de forma directa en ocasiones, y puede darse el caso que la iniciativa privada realice polígonos industriales (Torrejón) o urbanizaciones (Parla) Pinto, Fuenlabrada, Móstoles, Tío Pío, Pozo del Tío Raimundo, Palomeras, Parte de Entrevías, etc.) con dotaciones insuficientes, incluso (en ocasiones) fuera de la ley, generando suelo urbano, sin costos de infraestructuras.

Del mismo modo el agua puede ser utilizado como potenciador de un determinado espacio regional o comarcal. Pensemos en áreas subdesarrolladas dentro de las provincias o regiones españolas, el agua domiciliaria puede significar un salto hacia el desarrollo y no digamos de los trasvases para regadíos, que pueden provocar un giro de 180° en un área deprimida, aún cuando no cumplan todos los objetivos previstos, evitarán la desertización, independientemente de los costos económicos y sociales.

5) El agua es un uso del suelo más y en multitud de ocasiones cartografiable a diversas escalas. En particular, para los que utilizan la fotografía aérea como método de trabajo, les puede resultar sugerente los usos que condicionan los embalses; de abastecimiento, para aprovechamientos energéticos, de regadío, de contención de catástrofes e inundaciones, de ocio, etc.

En Madrid, por ejemplo, se ha producido un importante cambio en los usos del suelo gracias a los embalses que han modificado de forma importante el paisaje, y que a la sensibilidad de mi compañero Dr. D. Jose María Sanz García llama extraordinariamente la atención.

Particularmente importante es la concepción del agua como potenciador del ocio, en especial se pueden citar los trabajos de Ullman (20) realizados en la ordenación de la cuenca del Meramec y de los Ozarks, donde se estudian las distancias de los usuarios a la zona, las rentas que aportan a la región, las actividades que realizan; excursiones, pescas, natación, ski acuático, camping, navegación a vela y motor, etc. Existe en un número de la revista de Obras Públicas un trabajo de R. Urbistondo (21) en el que se hace una enumeración de los embalses españoles y su dedicación, muy interesante y en el que se resumen y especifican los datos de la Dirección General de Obras Hidráulicas sobre las posibilidades de ocio de dichos embalses. El agua entra también en la valoración paisajística, como en un reciente trabajo de Gómez Orea (22), en el que hace una valoración del paisaje del este de la provincia de Madrid, utilizando análisis factorial y dando a cada elemento del paisaje un valor de cero a diez y un código numérico, el agua es uno de ellos:

Cuadro 3. Agua

	<u>Valor</u>	<u>Código</u>
- Corrientes permanentes de agua con elementos singulares (saltos, rápidos, cascadas, etc...) .....	10	2
- Lagos y embalses .....	9	1
- Corrientes permanentes de agua sin elementos singulares, pero de cierta importancia .....	8	3
- Corrientes permanentes de agua de menos importancia ...	7	4
- Canales y/o acequias .....	6	5
- Fuentes, pozos, manantiales que caracterizan de alguna forma el paisaje .....	5	6
- Fuentes, pozos, manantiales que no caracterizan el paisaje .....	4	7
- Corrientes de agua no permanentes .....	3	8
- Agua encharcada, superficies pantanosas .....	2	9
- Presencia de agua recogida en abrevaderos, charcas, etc. de forma artificial .....	1	10
- Ausencia de agua .....	0	0

Por último el agua puede ser un modificador importante del hábitat: expulsando a los pobladores de una zona; en el caso de los embalses, al no tener medios de subsistencia por supresión de las huertas, cubiertas por el embalse, y de los pastos, utilizados para la repoblación que evita la erosión y el aterramiento de los embalses. O bien puede ser un elemento de atracción de segunda residencia, como es el caso de los embalses del Alberche y el Tietar (23), o de Navarra y Manzanares el Real (24).

En el caso de la región central puede ser utilizado como reorganizador del espacio.

En definitiva, los sistemas de abastecimientos a ciudades pueden ser estudiados por la geografía desde tres puntos de vista; el de la Geografía Urbana por cuanto que se trata de un problema de poblaciones, que afecta no sólo a las pequeñas si no también a la ciudad de Nueva York (25), incluso de manera independiente a los recursos hídricos, pues puede afectar a ciudades con recursos hídricos potenciales extraordinarios de la misma forma que a las ciudades de regiones más cálidas o áridas. Es un hecho que puede ser objetivo de la Geografía Regional, por cuanto las cuencas abastecedoras son quizás un criterio simplista de delimitación, pero pueden servir otras variables de tipo comparativo que nos permitan relacionar los consumos por comarca dentro de una región. Es decir, que utilizando otros criterios de delimitación podemos comparar las variables del agua; dotación, consumo industrial, agua para servicios públicos, etc. Por último el enfoque de la Geografía Aplicada nos puede servir como catalizador para racionalizar el espacio, con arreglo a módulos de consumo, o simplemente para buscar fórmulas de distribución equilibrada (criterio social de un bienpreciado).

NOTAS.

- (1) MUÑOZ MUÑOZ, J. : "El abastecimiento de agua a Madrid" Comunicación presentada en las primeras jornadas de estudios sobre la provincia de Madrid organizadas por la Excma. Diputación de Madrid. Madrid, diciembre de 1979. Publicado en 1981, Págs 237-242.
- (2) VOLTES BOU, P. : "Historia del abastecimiento de agua de Barcelona" Sociedad General de Aguas de Barcelona 1867-1967. Barcelona, 1967 . Págs 10 y ss.
- (3) Estas reflexiones han sido inducidas por la lectura de: DICKINSON, R.E. : "Ciudad, región y regionalismo." Omega. Barcelona, 1961
- CASAS TORRES, J.M.: "La ciudad como problema" UNiversidad de Zaragoza. Zaragoza, 1958. 48 págs.
- (4) CABO ALONSO, A. : "El consumo de agua en España". Estudios Geográficos nº76. Madrid, agosto 1959. Págs. 427 y ss.
- (5) HIGUERAS ARNAL, A. y CALVO PALACIOS, J.L.: "La coordinación urbanística de los usos del agua". Primer conferencia general sobre hidrología general y aplicada. Ed. Smagua. Zaragoza, 1974.
- (6) GARCIA RUIZ, J.M. : "El abastecimiento de agua en Zaragoza". Geographicalia, nº1. Zaragoza, 1977. Págs, 5-30.
- (7) GARCIA RUIZ, J.M. : "El consumo de agua en las capitales de provincia españolas". Boletín REal Sociedad Geográfica Tomo CXI. Madrid, 1975. Págs, 97 y ss.
- MARIN JAIME, J.M.: "Agua y usos del suelo en el término municipal de Zaragoza." Geographicalia, nº3. Zaragoza, 1979. Págs 3 y ss.
- (8) VALENZUELA RUBIO, M. : " El embalse de Atazar en el sistema de abastecimiento a Madrid" Estudios geográficos, nº29 Madrid, 1972. Págs 736 y ss.
- VALENZUELA RUBIO, M. : "Urbanización y crisis rural en la Sierra de Madrid." Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid 1974. 534 págs.
- (9) URBISTONDO, R. : "El abastecimiento de agua a Madrid" Boletín de la Real Sociedad Geográfica Tomo CXIII, Madrid 1977 págs. 149-172.

- (10) SANZ GARCIA, J.M. Y MUÑOZ MUÑOZ, J. : "El hecho geográfico del agua en el proceso de industrialización de Madrid" Ponencia presentada en el IV Simposio de la industria y el medio ambiente. Madrid, 18-20 de diciembre. 1978. Publicada en Anales del Instituto de Estudios Madrileños. Madrid 1980. 20 págs. Es una ampliación y revisión del texto original.
- (11) CHORLEY, R.J. Y OTROS : "Water earth and man." A synthesis of hidrology, geomorphology and socioeconomic geography. Methuen and Co Ltd. London, 1969. 588 págs.
- (12) LABASSE, J. : "La organización del espacio" Instituto de estudios de Administración Local. Madrid, 1973. Págs 37-81.
- (13) Como por ejemplo las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud en los aspectos sanitarios. O bien la Comunidad Económica europea con el Comité de los problemas de agua que aporta hasta la fecha un gran número de documentos de trabajo. La O.C.D.E., etc.
- (14) Desde revistas hidrogeológicas como la que publicaba el Instituto de Geología económica del C.S.I.C. hasta estudios de contaminación del Instituto del Agua del C.S.I.C., etc. los innumerables trabajos de CATALAN LAFUENTE y de BUSTOS, cursos de hidrogeología NOEL LLOPIS, Revista de Obras Públicas, publicaciones del C.I.F.C.A. (organismo de la UNESCO), revista Cima del Medio Oriente, etc.
- (15) CARPIO MARTIN, J. : "El plan de descongestión de Madrid." Boletín de la Real Sociedad Geográfica. CXII. Madrid 1976.
- (16) MENDEZ GUTIERREZ DEL VALLE, R. : "La industria de Madrid" Tesis doctoral. Publicada por la Universidad Complutense. Madrid, 1981.
- (17) Según la ponencia de economía que presentó el Departamento de Estructura Económica (similar a Geografía Económica) de la Universidad Complutense en las primeras Jornadas de Estudio de la provincia de Madrid organizadas por la Excelentísima Diputación de Madrid, en diciembre de 1979. En especial la comunicación presentada por ALONSO RODRIGUEZ, J.A. : "Algunas consideraciones económicas en torno a la ubicación regional de Madrid y su futuro autonómico". Publicada en 1981.
- (18) LABASSE, J. : "La organización del espacio" Op. cit.

SANZ GARCIA, J.M.: " Geografía económica e industrial" Dirección general de Enseñanza Laboral. Madrid, 1960. Págs 271-288.

El profesor Sanz García está preparando en la actualidad un trabajo sobre perspectivas del mundo en el año 2000, en el que trata, en un interesante capítulo, el tema del futuro del agua.

(19) O.C.D.E. "Indicateurs d'environnement urbain." París, 1978. Págs. 23-25 y 46-49. Para los técnicos de la O.C.D.E. la preocupación del agua está no sólo en las cuestiones de abastecimiento, si no también en la calidad del agua potable incluso como valor ornamental y de ocio.

(20) ULLMAN, E.L. : " Geographical Prediction, Regional Planning and the measure of recreation benefits in the Meramec Basin." Geographica. Instituto Geografía Aplicada. Madrid, 1975-76. Págs 17-35.

(21) URBISTONDO, R.: "Los usos recreativos de los embalses españoles" Obras Públicas. M.O.P. Madrid, 1972.

(22). GOMEZ OREA, D. : "La calidad del medio ambiente. Desarrollo de un procedimiento para la formulación y representación de los valores paisajísticos de los espacios naturales." Geographica. Instituto de Geografía Aplicada. Madrid, 1975-76. Págs 53-102.

(23) CANTO FRESNO, C. : " La segunda residencia en el valle del Tietar." Tesis doctoral. Facultad de Geografía e Historia Universidad Complutense de Madrid. Madrid, 1980. Inédita.

(24) VALENZUELA RUBIO, M. : " Crisis rural..." Op. cit. Págs 289-311.

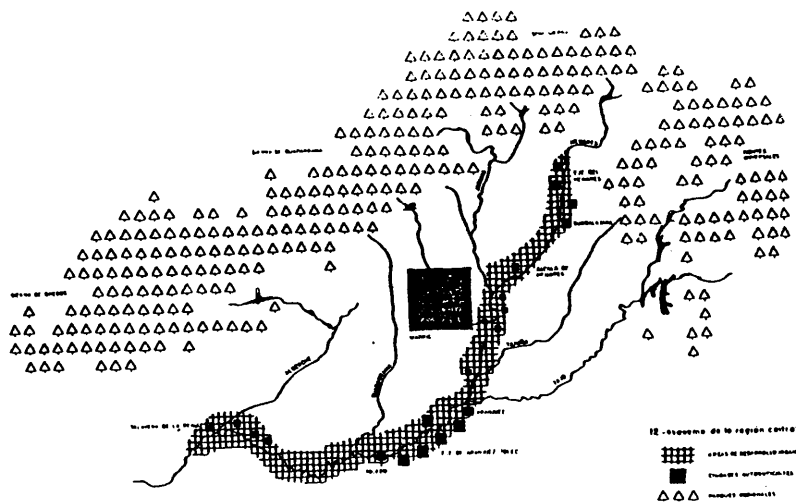
(25) Scientific American: "La ciudad" Artículo de ABEL WOLMAN Alianza Editorial. Madrid, 1965, Pág 200.

### APENDICES

Incluyo a manera de apéndices los gráficos y texto siguientes, en los que COPLACO refleja de forma bastante precisa las ideas que sobre el futuro de Madrid y las posibilidades de una ordenación del territorio que modifique las actuales estructuras de caos general, por una concentración excesiva, en un modelo descentralizado, o mejor descongestionado, en el que el territorio nacional aparezca vertebrado en diferentes tipos de ciudades, de diferentes categorías poblacionales y funcionales.

La fuente utilizada es:

COPLACO: "Informe sobre la ordenación del territorio en el Area Metropolitana de Madrid". MOPU. Madrid, 1980. pag.131-151-115-124.



### Evolución de la estructura de núcleos urbanos. Nivel Regional-Nacional

Igualmente que en los gráficos 22 y 23 de las páginas anteriores, se analizan en los gráficos de esta página y la siguiente una situación pasada y una situación actual de referencia, y dos posibles evoluciones futuras divergentes del desarrollo metropolitano de Madrid, enmarcado en el contexto regional, pero en este caso referido al sistema de núcleos y asentamientos urbanos.

En 1960 sólo encontramos en un radio de 200 km. en torno al Municipio de Madrid, tres núcleos de población de más de 50 000 habitantes: Valladolid, Salamanca y Puertollano. Grandes núcleos urbanos que hoy rodean al Municipio de Madrid y han superado en la actualidad los 50 y los 100 mil habitantes como Alcorcón, Móstoles y Alcobendas, no llegaban en aquella fecha a superar los 5 mil habitantes. Se puede observar en el gráfico que en 1960 no existía aún en Madrid una verdadera área metropolitana como sistema polinuclear de centros urbanos, aunque ya se podía prever por el desmoronamiento de Getafe en el borde del límite municipal de Madrid.

En 1975 la situación es bien distinta. El proceso general de crecimiento se ha desarrollado fundamentalmente en las grandes áreas metropolitanas del Estado, ampliándose considerablemente los aglomerados urbanos en torno de las de Barcelona, Bilbao, Asturias, y sobre todo en el área metropolitana de Madrid, en la que aparecen en dicha fecha, en un entorno de sólo 50 km. desde el centro de la capital, 4 núcleos de población de más de 100 mil habitantes: Alcalá de Henares, Alcorcón, Getafe y Leganés, y 2 más entre 50 y 100 mil: Alcobendas y Móstoles.

(Fuente: Censos y Partidos Municipales de población)

Situación anterior: 1960

Situación actual: 1975



### Posibles estructuras futuras de asentamientos. Nivel Regional-Nacional

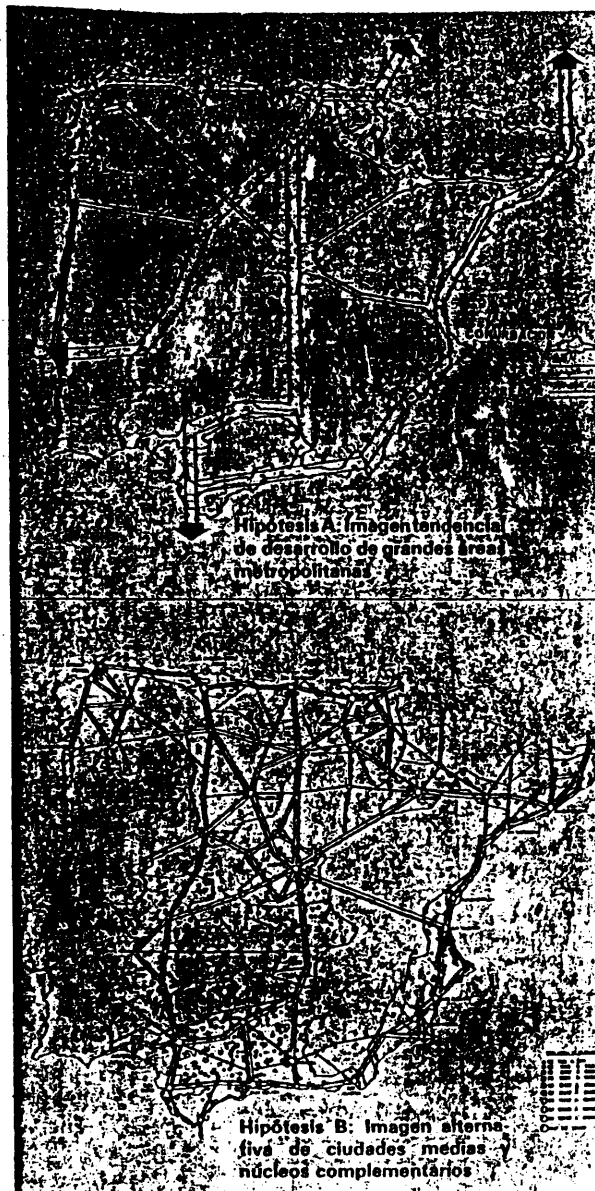
Seguendo con la lógica de los gráficos anteriores se analizan en esta página dos posibles hipótesis extremas de evolución del aglomerado metropolitano de Madrid dentro del contexto del sistema de asentamientos del Estado. Para ello se ha seguido el trabajo de Luis Racionero: *Sistemas de ciudades y Ordenación del Territorio*.

La primera imagen que nos presenta dicho trabajo supone la continuación de las tendencias observadas en el quinquenio anterior. El desarrollo continuado de las grandes áreas metropolitanas existentes en la actualidad, se complementa con la consolidación de las conurbaciones locales y de los pasillos de conexión entre las mismas, que absorberían el crecimiento demográfico futuro y al suceder de la población rural. El área metropolitana de Madrid seguiría con su desarrollo acelerado, lo largo de dichos pasillos de conexión de corredores de crecimiento con una fuerte dependencia de su centro actual.

La segunda imagen presenta una situación alternativa más en consonancia con las consideraciones de los expertos en relación con la adaptación, a largo plazo, a las nuevas características del contexto marcado por la crisis económica y que se base en una estructura mucho más policéntrica y extendida en el territorio, basado en el desarrollo de núcleos urbanos de mediano tamaño y en una estructura de conexión mucho menos jerarquizada.

Estas dos alternativas extremas no sólo suponen dos visiones completamente distintas en cuanto a su repercusión en los hábitos de vida de la población y en sus movimientos migratorios, sino que también llevan implícitos dos políticas enteramente diferentes en cuanto a la utilización de las inversiones públicas e inducción de las privadas en las diferentes partes del territorio nacional. Una reflexión general sobre las dos posibles evoluciones divergentes se considera de extrema importancia, y de carácter previo al análisis interno de la evolución de la propia Área Metropolitana de Madrid.

(Fuente: *Sistemas de Ciudades y Ordenación del Territorio* (Luis Racionero, Editorial Alenza 1978))



### Posibles alternativas extremas de asentamientos futuros. Nivel Metropolitano-Provincial

Los gráficos de esta página muestran dos imágenes futuras de desarrollo metropolitano, divergentes entre sí y, al mismo tiempo, diferenciadas del modelo de crecimiento tendencial analizado en el gráfico 28 de la página anterior.

La primera imagen extrema se podría basar en los siguientes puntos:

- La importancia cuantitativa del crecimiento vegetativo de la población del municipio de Madrid y la intención de evitar su necesaria emigración del mismo a distancias cada vez mayores, debido a la inexistencia de viviendas asequibles a sus necesidades presupuestarias.

- La decisión de consolidar la estructura urbana existente, evitando la retención especulativa del suelo y consiguiendo los necesarios espacios verdes y otras dotaciones, para resolver los enormes déficits acumulados en el continuo urbano.

- El énfasis en el ahorro energético que supondría al servir a una gran mayoría de la población a través de un sistema eficiente de transportes públicos.

Esta alternativa a la actual tendencia, supondría una serie de medidas de política urbanística como podrían ser la rehabilitación de viviendas existentes, la renovación y habilitación de industrias, la consolidación y ocupación de las grandes extensiones de suelo industrial vacante existente en la periferia; la real obtención y puesta en servicio de amplias zonas verdes, la realización de viviendas asequibles a la demanda existente, etc.

Otra imagen extrema de referencia, asimismo alternativa a la actual, podría basarse en:

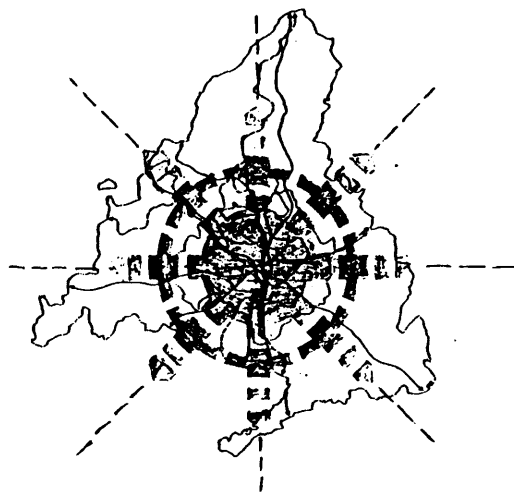
- La decisión de reforzar la estructura regional de núcleos urbanos y de irradiar el desarrollo hacia el Entorno Provincial.

- La intención de conseguir una mayor autosuficiencia de amplias zonas del territorio entre otras cosas con el fin de disminuir la necesidad de transporte y mejorar los equipamientos comerciales.

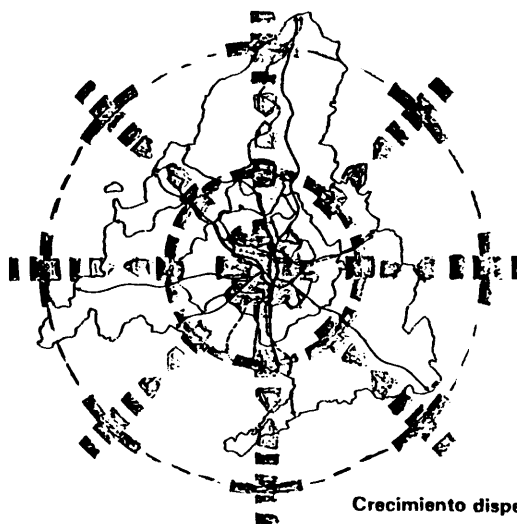
El hacer posible esta segunda alternativa llevarla consigo una serie de medidas de ordenación con los entes institucionales vecinos, el favorecimiento de zonas extremas de atracción, programas conjuntos de equilibrio de vivienda y empleo en las zonas periféricas que permitieran una mayor independencia funcional del centro metropolitano, sistemas locales de transportes basados en menores recorridos metropolitanos y más autosuficiencia de ámbitos territoriales de menor magnitud, etc...

Estas dos alternativas se pueden relacionar en paralelo con las correspondientes imágenes de desarrollo regional del gráfico número 25, y representan asimismo dos posibilidades totalmente divergentes de canalizar el futuro desarrollo urbano y enfatizar el papel directivo del sector público en la Ordenación del Territorio.

(Fuente: elaboración propia)



Crecimiento concentrado



Crecimiento disperso

De cualquier forma las actuales estructuras regionales, parece que van a permitir una futura descentralización y en cierta medida descongestión ya que la primera tiene a medio plazo que incidir en el crecimiento de Madrid frenando el desarrollo y creo que provocando una descongestión natural hacia los pueblos y ciudades de la región centro. Esto puede tener una incidencia positiva en el consumo de agua, y es que, no cumpliéndose las previsiones en cuanto al número de habitantes futuros, las necesidades de agua sean menores y la dotación per cápita aumente de manera sensible, y este hecho pueda permitir que los barrios del sur y los pueblos del Area menos dotados alcancen dotaciones a nivel europeo con mejora y extensión de la red.

CAPITULO I.  
Medio natural y agua.

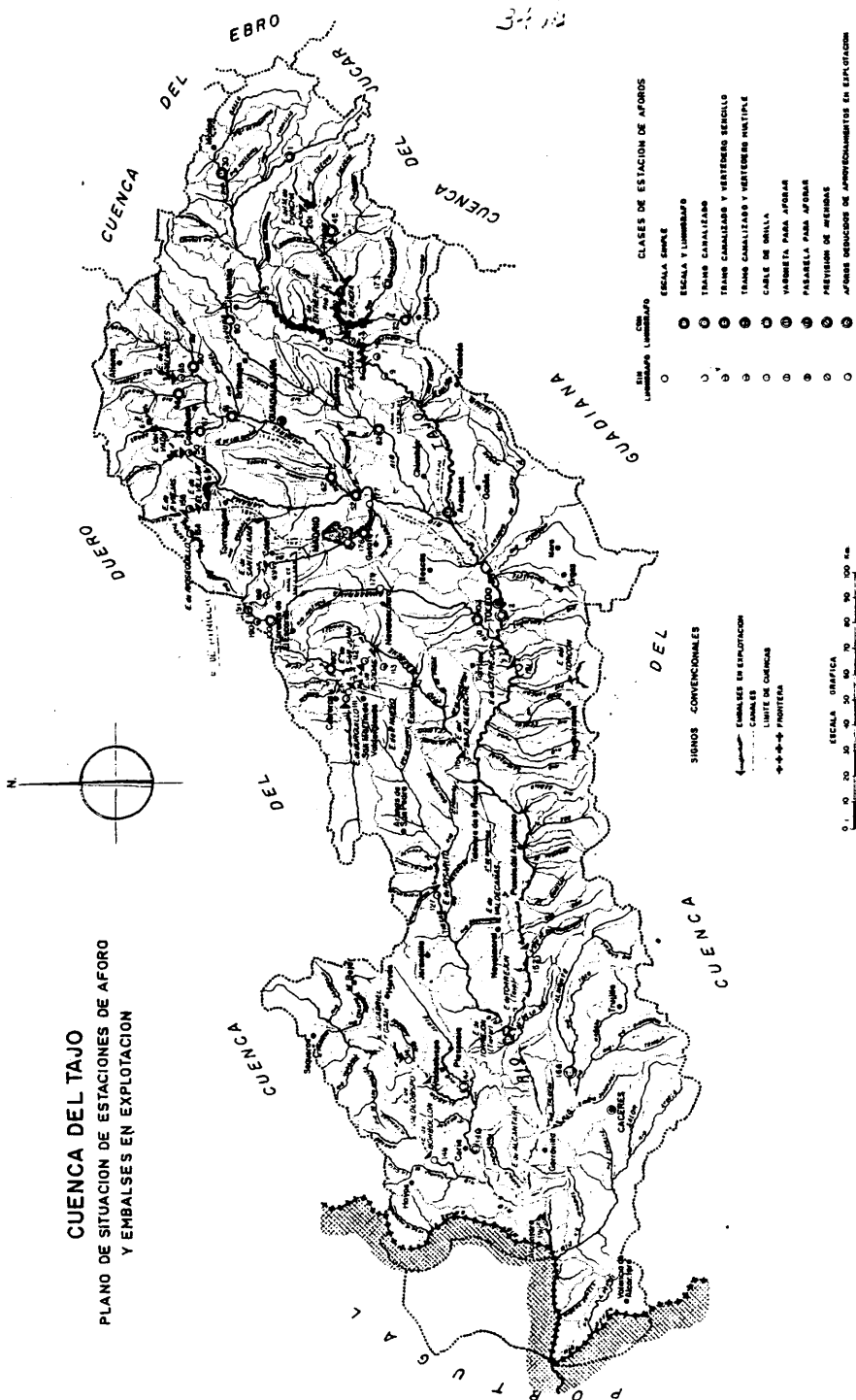
## Capítulo 1. Medio natural y agua.

Aunque las áreas inmediatas a Madrid son de características naturales poco propicias a la obtención de agua para el abastecimiento de una gran ciudad, existen zonas cercanas que han permitido la construcción de embalses, en particular, los sistemas montañosos que recorren la provincia.

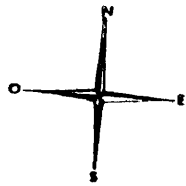
### 1.1. Situación y emplazamiento de Madrid, las presas y las conducciones.

La región de la que se abastece Madrid forma parte de la cuenca hidrográfica del Tajo, en el norte de la misma y está situada sobre el Sistema Central, en una línea de orientación NE-SW, de aproximadamente 120 Km de largo por 25 Km de ancho, desde el embalse del Pozo de los Ramos, en el río Sorbe, hasta el embalse de Las Picadas en el Alberche. En un total de 4.486 Km<sup>2</sup> de superficie de captación de las cuencas, si bien, en el Alberche, las cuencas de captación se verían disminuidas en 1.500 Km<sup>2</sup>, ya que la única que abastece de aguas es la cuenca del río desde Picadas hasta San Juan, esto hace que el total de cuencas sea de 3.000 Km<sup>2</sup> aproximadamente, (mapas 1 y 2). La posición geográfica de las cuencas según el mapa militar de España 1/400.000 (1) es la siguiente: Latitud del punto más septentrional 41°10' N; del más meridional 40°15' N. Mientras que la longitud estaría entre los 3°20' W y los 4°20' W Greenwich.

# CUENCA DEL TAJO PLANO DE SITUACION DE ESTACIONES DE AFORO Y EMBALSES EN EXPLOTACION

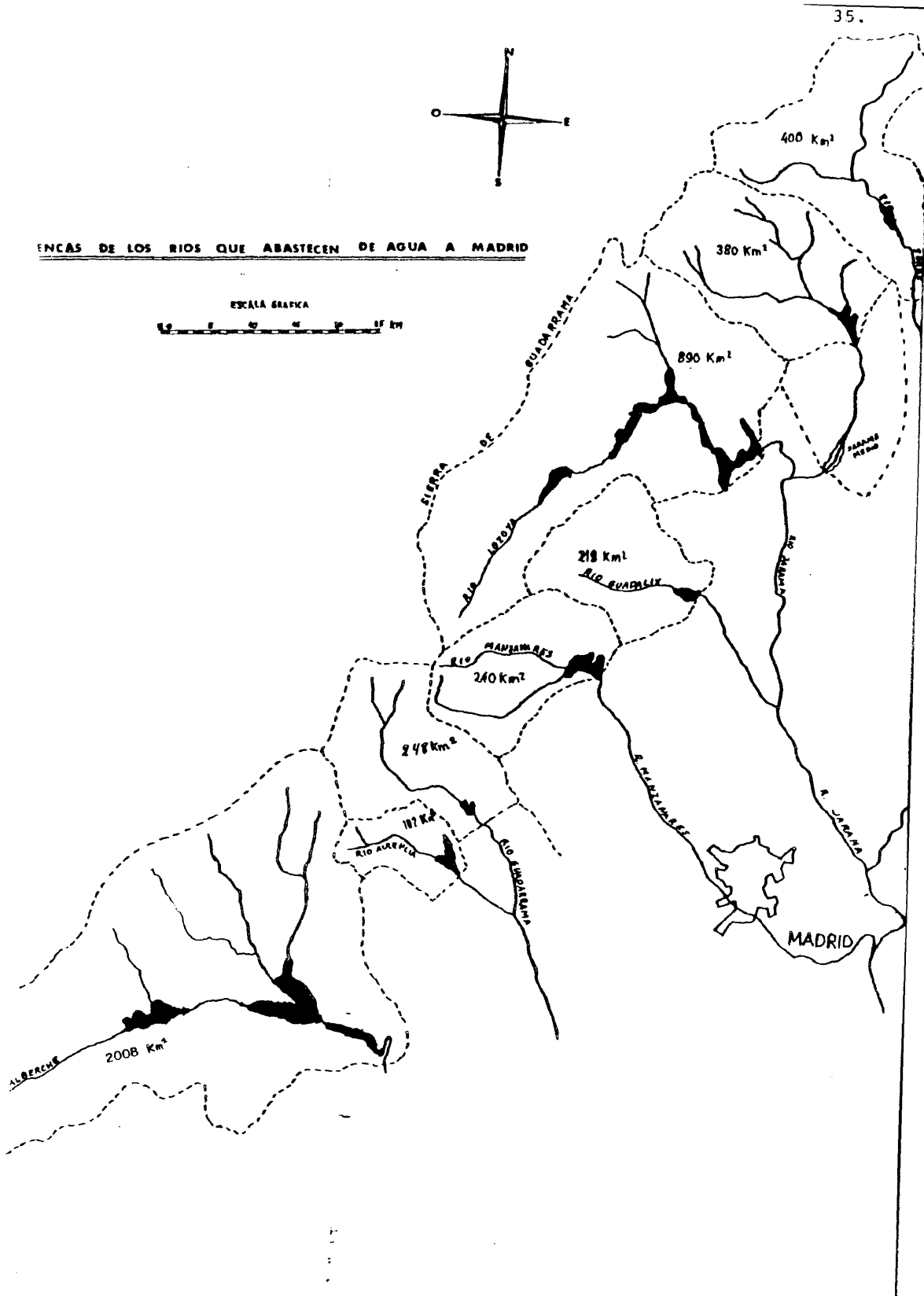


Fuente: Confederación Hidrográfica del Tago



ENCAS DE LOS RIOS QUE ABASTECEN DE AGUA A MADRID

ESCALA GRAFICA



Los ríos que abastecen de agua a Madrid son los siguientes:

Rio	Embalses	Cuenca	Altitud	Situación aprox.
Sorbe	Pozo de los Ramos	400 Km <sup>2</sup>	m	41°N 3°15'W
Járama	El Vado	380	1000	41°N 3°18'W
Lozoya	Atazar	923	-	40°54'N 3°42'W
Lozoya	Villar	725	-	40°56'N 3°37'W
Lozoya	Puentes Viejas	675	1000	40°59'N 3°34'W
Lozoya	Río-Séquillo	385	1022	40°58'N 3°39'W
Lozoya	Pinilla	246	1160	40°59'N 3°52'W
Guadalix	El Vellón	218	850	40°45'N 3°30'W
Manzanares	Santillana II	240	908	40°43'N 3°51'W
Guadarrama	Pozo de las Niev.	248	-	40°31'N 4°W
Aulencia	Valmayor	102	-	40°30'N 4°05'W
Alberche	Picadas	2008	525	40°21'N 4°17'W

Madrid, Estación Cerro de San Blas del Retiro, se encuentra situado a unos 660 m sobre el nivel del mar a 40°25'N y 3°41'W.

Casi todos los embalses están situados en la vertiente sur del Sistema Central, así como las conducciones que antes de llegar a Madrid recorren paralelas la falda sur de dicho Sistema y la llanura madrileña, entrando en la ciudad por el norte, en el caso del Sistema Norte (Sorbe, Jarama, Lozoya, Guadalix y Manzanares), o por el Oeste, en el A.M.S.O. (abastecimiento a Madrid Sistema Oeste, Guadarrama, Aulencia y Alberche).

El emplazamiento es diverso, como es natural, cada presa o conducción tiene unas características de ubicación propias; por un lado, la fosa tectónica del Lozoya, dentro de la Cordillera permite la instalación de Pinilla, Río-Séquillo y Puentes Viejas, es decir, actúan como causa de localización las posibilidades, que permiten las cerradas, de las gargantas del río Lozoya. El resto de los embalses se encuentran ubicados en los contactos entre las Sierras y la peana del Sistema Central, favorecidos por los pequeños horst (2). Los ríos forman gargantas para salir a la llanura madrile-



ña, en ellas se localizan; por ejemplo los embalses de El Villar, El Atazar, El Vellón, Santillana, Aulencia, Las Nieves, Picadas; por último los que están localizados en el interior de las zonas montañosas como El Pozo de los Ramos y El Vado. Dentro de la fosa tectónica del Alberche están los embalses de San Juan, Charco del Cura y Burquillo, ajenos en la actualidad al abastecimiento de agua de Madrid.

En general, el emplazamiento coincide con las características litológicas de las cuencas en sus aspectos de impermeabilidad, salvo el primer embalse, el Pontón de la Oliya que se construyó sobre calizas y El Atazar que está emplazado sobre pizarras, el resto lo hace sobre granitos y gneises bastante sanos y afectados únicamente por fallas locales de escasa trascendencia en la construcción de la presa.

Madrid se encuentra situado en el Centro-Norte de la llanura del Tajo, en un interfluvio entre los ríos Manzanares y Jarama, aunque extendiéndose por el Oeste hacia la divisoria de aguas entre el Manzanares y el Guadarrama. Está emplazado en un territorio de colinas y vaguadas con altitudes que varían entre los 570 m. en las riberas del Manzanares y los 700 m., en algunas áreas los 730 m. y más. Este hecho, va a tener importancia, por los problemas causados en las presiones de la red, ya que en algunas zonas urbanas el agua va a tener que ser sobreelevada. Por ejemplo el 4º depósito está en la cota 727 m., el 2º y el 3º en la cota 690 m. El depósito urbano más alto se encuentra en la Plaza de Castilla, y es el 2º depósito elevado a 766 m., que permite el abastecimiento de los edificios altos de Madrid en la zona Norte con una estación elevadora, así como el depósito elevado de San Blas en la cota 746 m.

En la llanura madrileña, casi todos los depósitos se encuentran en cotas superiores a los 700 m., esto no sucede en los del Sur, ya que Getafe se encuentra a 697 m., Altos Extremadura a 660 m. y Vallecas a 682 m.

Los arroyos, Abroñigal, de la Castellana o del Prado, de la Veguilla etc. son utilizados actualmente como ejes colectores, así como los arroyos que de las divisorias de aguas citados anteriormente confluyen hacia el Manzanares. Por ejemplo, el colector más importante de la ciudad es el Río y el arroyo Abroñigal que desemboca al Sur de Legazpi, hacia la China; donde se localiza la estación de tratamiento.

La ciudad, por tanto, emplazada en una llanura en plano inclinado Norte-Sur, 730 m. al Norte, 620 m. al Sur, con los taludes de los ríos y arroyos, permite con facilidad la construcción de infraestructuras (canales, cañerías, etc.) para su abastecimiento de agua.

#### Capítulo 1. Notas

- (1) Mapa Militar de España: Hoja Madrid 3 - 3, 1.400.000. Servicio Geográfico del Ejército. Madrid, 1972.
- (2) SANZ DONAIRE, J. J.: Geomorfología del entorno de Madrid Boletín de la Real Sociedad Geográfica. Madrid. 1981. En persona (pruebas de imprenta cedidas por el autor).

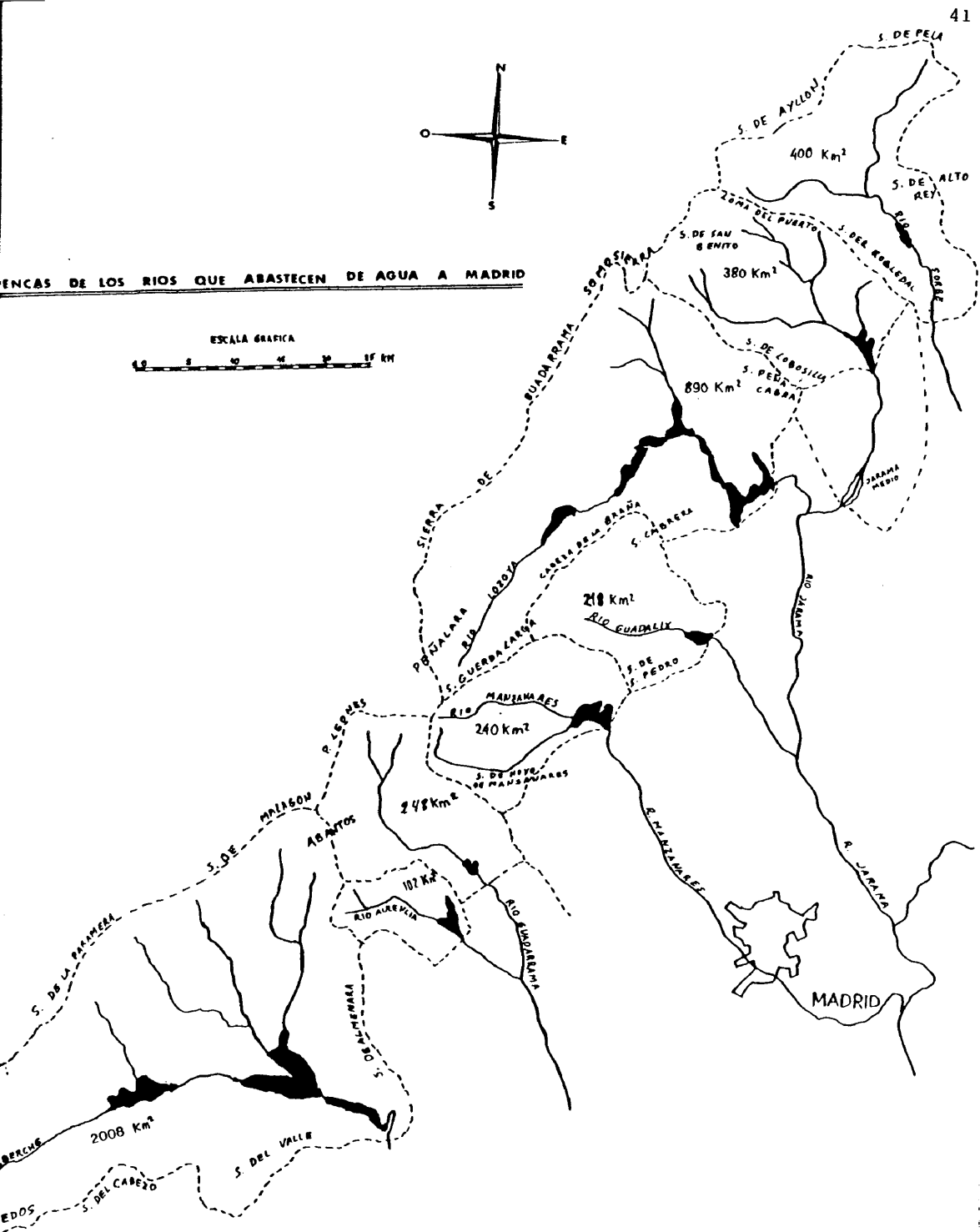
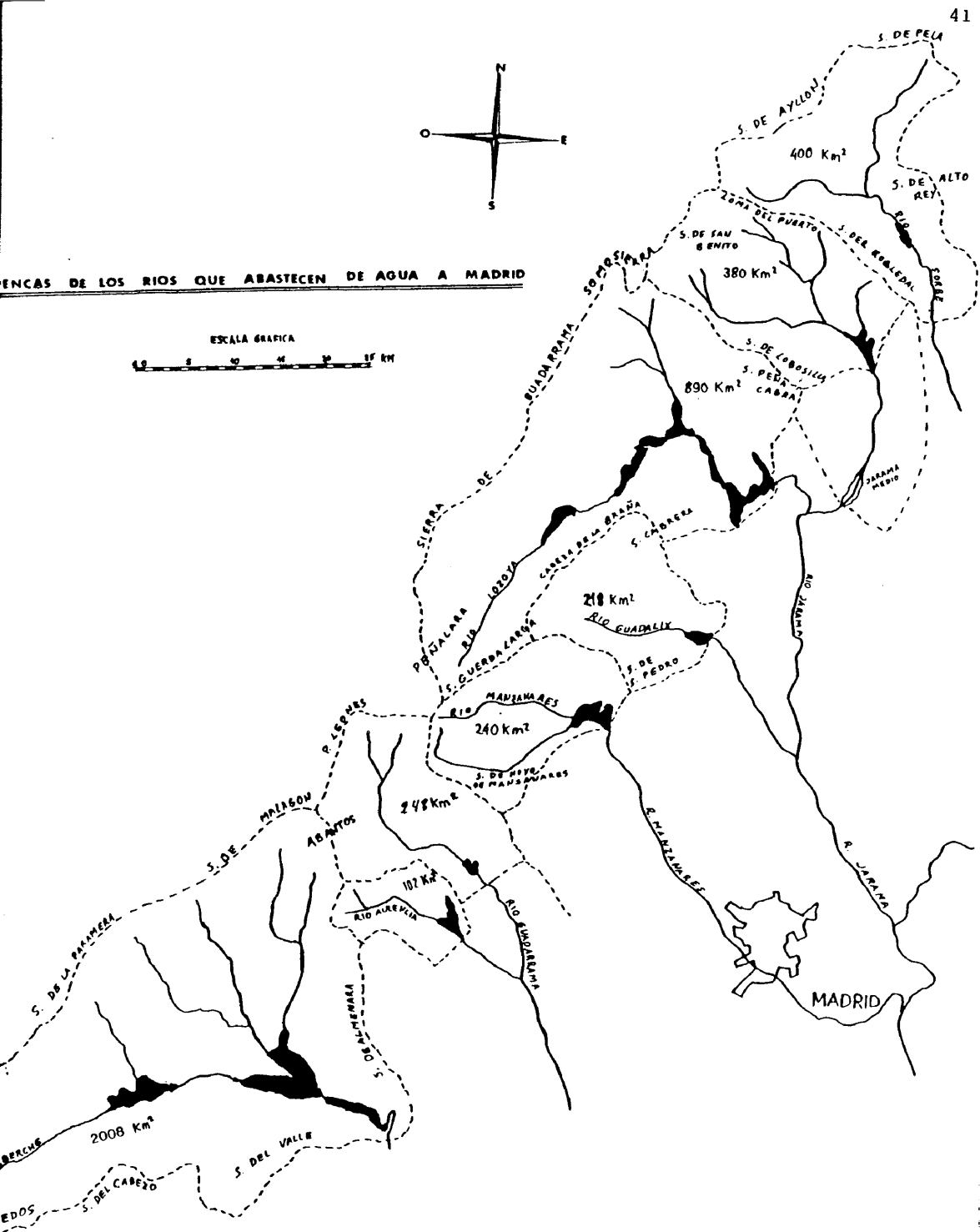
### 1.1.1. Relieve y Agua

La divisoria de aguas entre los ríos Duero y Tago es el límite Norte de la zona de captación de aguas del sistema de Abastecimiento de Madrid, ya que en el mismo no hay otra cuenca hidrográfica que la del Tago. La divisoria sirve además de límite entre las dos Castillas.

La frontera hidrográfica la forman las montañas del Sistema Central o Montes Carpetanos; desde las Sierras de Pela y Ayllón que son el límite Norte de la Cuenca del Río Sorbe hasta la Sierra de Gredos, que es uno de los nudos montañosos más importantes de la Meseta y que separa las cuencas del Tormes, Alberche y Tietar.

De Noreste a Suroeste, las elevaciones más importantes son: El pico de Ocejón ( 2.048 m. ), al sur de Sierra de Ayllón, en la Sierra del Robledal, que es la divisoria entre el Sorbe y el Jarama Alto, esta Sierra, en su parte más baja, en el Sur, se encuentra recorrida por el Travase Sorbe-Jarama en las cercanías de Tamajón y del Arroyo de la Virgen. Aunque hacia el Este, la divisoria de las cuencas que abastecen Madrid lo forman las Sierras de Alto Rey ( 1.809 m. ) que sirve de límite entre las cuencas del Sorbe y el Bornova. Las alineaciones N.N.W - S.S.E son seguidas por los ríos Sorbe y Jarama y en parte por el Lozoya, desde Puentes Viejos hasta el Atazar y aprovechados en magníficos embalses casi naturales, cuyos ejemplos son El Vado y El Pozo de los Ramos.

Al Norte de las cuencas del Jarama y del Lozoya, aparece Somosierra, con un paso histórico - natural en La Meseta; el puerto del mismo nombre. Desde la Sierra de San Benito se superan ya los 2.000 m. de altitud, y un hecho importantísimo, en una cuenca de captación de aguas, los niveles de innivación son cuasi-permanentes a lo largo del año,

[illegible]

en cuyas huellas glaciares y periglaciares cuaternarias de la cara sur van a nacer los ríos de todo el sistema de abastecimiento de Madrid. La divisoria de aguas entre el Jarama y el Lozoya la establecen las Sierras de Lobosillo y de la Cabra, con un pequeño collado en Montejo de la Sierra.

Al Sur del Jarama Alto, cerca de Torrelaguna, se encuentra el contacto entre el Sistema Central y los Paramos de Raña o mejor Rañas de Guadalajara ( cerca de Uceda ), en el se produce la confluencia entre el Jarama y el Lozoya, y entre estas dos unidades morfológicas, Sierra y Raña, se piensa ubicar la presa del Jarama Medio.

La fosa tectónica del Lozoya se encuentra enmarcada por un lado por la Sierra de Guadarrama, en el NW; Somosierra al Norte y Este y al Sur por la Sierra de Cuerda Larga. En los tres conjuntos montañosos se alcanzan y superan los 2.200 m. de altitud:

En Guadarrama; en los picos de la Nevera, Nevero ( 2.209 m. ) y Peñalara ( 2.430 m. ), donde se sitúa una de las lagunas glaciares más importantes del Sistema Central, y cerca de donde nace el río Angostura ( puerto de Cotos ), cabecera del Lozoya.

En la Cuerda Larga; aparece el pico de Hierro, la Sierra de Pedriza y la Sierra de la Morcuera, descendiendo las montañas hacia el Este y Norte; hacia la Cabrera en primer caso y hacia Cinco Villas en la segunda alineación.

Al Sur de la Cuerda Larga aparecen un conjunto de Montes-Islas exhumados por la erosión fluvial, que como he dicho, sus interfluvios, van a servir de cerrada para los embalses del sur de la Cordillera. Allí nos encontramos la Sierra de San Pedro, que al Este va a permitir la construcción del embalse de El Vellón y al Oeste, entre San Pedro y

la Sierra de Hoyo de Manzanares, nos encontramos en el embalse de Santillana II.

El papel fundamental, por lo que respecta al relieve, lo juega la Cuerda Larga, de alineación E-W, que se coloca de pantalla para las masas de aire del SW, vientos "Abregos" y del NW, vientos húmedos, con lo que los volúmenes de agua recogidos en estas montañas son bastante importantes.

Al Este del Puerto de los Leones de Castilla, nos encontramos una doble alineación, una hacia el SW; la Sierra Malagón y otra hacia el Sur, con la Sierra de Abantos cuyas estribaciones se continúan por el Sur hacia el pico de la Almenara; entre éste y las Sierras de Hoyo de Manzanares y Torrelodones se encuentran las cuencas del Guadarrama, Aulencia, Navacerrada, río de la Jarosa, etc.

En la peana de la Sierra, muy cerca del contacto con la llanura sedimentaria madrileña, se encuentran represados los ríos Guadarrama y Aulencia, en el Azud del Pozo de las Nieves el primero, y en el embalse de Valmayor el segundo.

Al Oeste de La Almenara, está situada la cuenca del Alberche, en la fosa tectónica del mismo nombre, que es, en cierta medida, la misma fosa que la del Tormes, aunque ambos ríos se encuentren separados por un interfluvio formado por las vertientes Sur de la Sierra de Avila. La cuenca del Alberche se encuentra cerrada al Noreste por las Sierras de Abantos y Malagón en la Sierra de Guadarrama, al Norte por las Sierras de la Paramera y de Villafranca, y al Sur por el Macizo de Gredos con 2.600 m. de altitud y con las Sierras del Cabezo, del Valle y Peña de Cenicientas, que la separan de la cuenca del Tietar.

La cuenca del Alberche Alto constituye una magnífica

fosa en la que se ubican cuatro embalses; Burguillo, Charco del Cura, San Juan y Ricardas. Pero además puede permitir, dadas las cotas, el trasvase de agua de las cuencas del río Tormes, así como las del Tietar; el primero por Navarredonda y San Martín del Pimpollar y el segundo por Sotillo-Navahondilla.

Los ríos afluentes del Alberche, en su margen izquierda, descienden de la Paramera por líneas de falla N-S (1), como el Cofio, paralelo a la línea montañosa que va de Abantos hasta el pico de la Almenara.

Por lo que se refiere a las conducciones, el relieve no tiene más importancia que la normal en cualquier tipo de canal; las vaguadas que provocan los arroyos o los ríos, en los materiales miocénicos de la cuenca madrileña, o la garganta de las calizas del contacto entre la peana y la cuenca terciaria, son salvados por sifones o acueductos, que dejan una huella perceptible en el paisaje; en el primer caso en la zona de la carretera de Colmenar, ya que las conducciones van paralelas a la misma hasta el Km 20, en la vertiente Sur de la Sierra de San Pedro y en el valle del Jarama; mientras que en el segundo caso son visibles en las cercanías de Torrelaguna. El valle del Jarama sirve como línea de penetración de las canalizaciones del Sistema Norte.

El sistema Oeste, tiene en el relieve un factor negativo importante ya que Ricardas está situado a una cota más baja que Madrid, por lo que el agua tiene que ser sobreelevada.

En definitiva, el agua que no encontramos de forma abundante en la comarca madrileña, es detraída de los ríos de las fosas tectónicas y montañas elevadas del Sistema Central, que constituye un magnífico reservorio de agua.

## 1.2. Aspectos geológicos y litológicos de las cuencas de los ríos, que abastecen de agua a Madrid, y del emplazamiento de la ciudad.

La influencia del relieve en la construcción de las presas y conducciones se ve complementada con el estudio geológico y litológico de las Cuencas y de Madrid.

Mi aportación en este capítulo es mínima, únicamente puedo dar una visión global de los aspectos geológicos de Madrid y de las cuencas con <sup>la</sup> Bibliografía existente, es decir, una visión de síntesis propia de la ciencia geográfica basada en estudios más profundos y monográficos de otros autores, pero interesante porque trato de descubrir la relación y la incidencia que estos factores pueden tener en el abastecimiento de agua a nuestra ciudad.

### 1.2.1. Madrid. Arenas y yesos.

En Madrid predominan las arenas arcósicas, particularmente al Norte y Oeste de la ciudad, siguiendo una línea que va desde San Agustín de Guadalix hasta el Sur del embalse Picadas, de 125 Km. aproximadamente. En superficie se muestra como una zona de barrancos y arroyos, como por ejemplo el Abroñigal, con carcavas en las vertientes y fondos planos en los que aparecen fuentes naturales, que surgen en una zona rica en acuíferos. Estos depósitos arenosos, fundamentalmente miocenos, tienen una profundidad de 3.000 m. en la zona en la que la superficie enlaza con la rampa de la sierra por medio de una falla, descendiendo su espesor hacia el centro de la cubeta del Tajo, como se puede apreciar en el corte geológico adjunto. El techo de estos materiales areno-arcillosos lo forman las calizas pontienses, que en toda la zona Noreste de Madrid han sido desmanteladas por la erosión de los ríos y arroyos, pero de las que quedan algunos restos <sup>conservados</sup> por la erosión diferencial, donde aparece el sílex o pedernal, como en la zona de Palacio, El Cerro de Almodovar (donde el Canal tiene un depósito), etc.





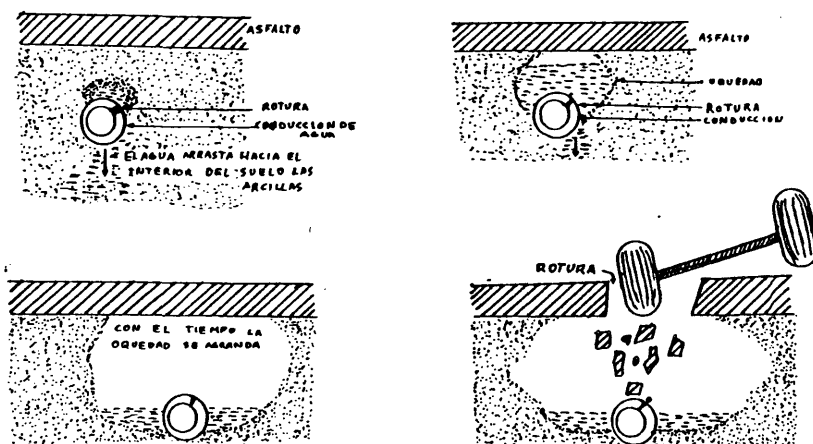
Las cárcavas y arroyos han sido relativamente importantes en la construcción de infraestructuras, particularmente para los canales que llegan de la Sierra de Madrid, ya que, en un terreno relativamente llano, han obligado a la construcción de acueductos y sifones, perceptibles incluso en la fisonomía urbana madrileña, que se explican por lo deleznable que son los materiales de la cuenca y la facilidad que tienen de ser erosionados.

Es importante dentro de esta línea, destacar el hecho de que en las infraestructuras madrileñas de abastecimientos de agua, particularmente en la red de distribución interna, se plantean problemas de difícil solución.

El primero de ellos, es el de las pérdidas; es casi imposible saber donde se producen. A pesar de que el canal cuenta con modernos detectores y equipo eficaz, que solucionan parte del problema. No obstante, existen en Madrid cañerías antiguas con roturas, incluso dentro de los edificios, que hacen que las pérdidas en la red sean superiores al 5 %. Por otro lado el suelo arenoso actúa como un pozo sin fondo por el que se filtran las aguas de la red hasta los acuíferos profundos.

El segundo son las roturas del pavimento de las calles madrileñas. En general, de este hecho no son culpables de forma principal las cañerías del Canal, y por otra parte no se trata de un fenómeno nuevo. El agua actúa sobre las arenas como un disolvente, se lleva hacia las capas más profundas a las arcillas y va provocando una oquedad que se hace mayor en función de la resistencia del firme, sea asfáltico de adoquín o de ambos. El efecto que sobre el mismo provocan las vibraciones del tráfico rodado, terminan por romper la resistencia, y se produce la rotura, el conocido "socavón" madrileño. Son famosos el de la calle Almagro, que no

fue producido por el Canal, sino por uno de los Viajes del Abroñigal, que tenía una arqueta de distribución ( especie de depósito) en dicha calle. El último de estos socavones del que tengo noticia fue el que se produjo el 12 de mayo de 1980 en la calle del León, abriéndose un hueco de varios metros cúbicos en el que quedaron sepultados un Seat 600 y una D.K.W., según un cronista del Radio Nacional.



Este problema del suelo madrileño ha sido inteligentemente estudiado por M<sup>a</sup> Teresa Solesio de la Presa y Paz Maroto (2), que describe perfectamente el fenómeno:

" Las vibraciones, ( de los vehículos ), tienen una nefasta influencia sobre la tubería. Poco a poco, las juntas se agrietan, dejan paso a la gota de agua, que de modo continuo y solapado se infiltra en el terreno, arrastrando las partículas ténues del mismo y determinando huecos no perceptibles. Al cabo de algún tiempo se producen socavaciones bajo las

juntas, quedan estas en falso y sometidas a esfuerzos para los que no están previstas, y en un momento determinado (bien por un golpe de ariete, bien por un asiento brusco o por una vibración extraordinaria del pavimento) se produce la rotura, con todas sus perjudiciales y graves consecuencias.

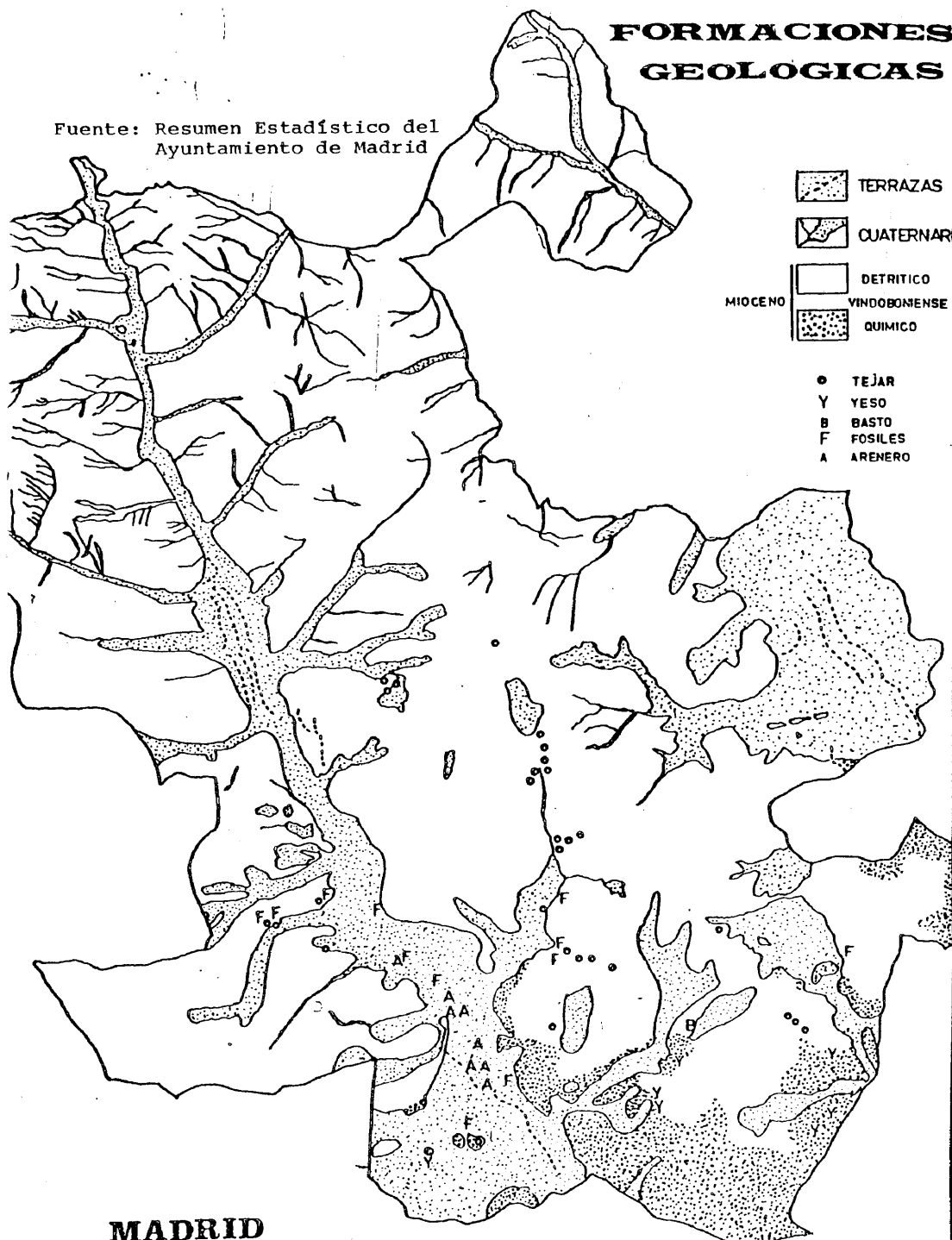
Estas consecuencias, siempre peligrosas, lo son aún más en poblaciones como Madrid, cuyo subsuelo de arena compacta permite que se produzcan grandes socavones, manteniendo no obstante su cohesión. Y como además los pavimentos de la mayoría de las calles madrileñas son rígidos, el socavón va aumentando, sin que se aprecie nada al exterior por hacer dicho firme de bóveda. Así llega el momento en que excedido el límite de resistencia se produce el derrumbamiento brusco del suelo en una gran extensión, con los graves peligros que ello representa para el tráfico y aún para los edificios próximos y con el riesgo de accidente mortal".

Si a las arenas madrileñas añadimos la multitud de horadados subterráneos. ( Canal de Isabel II, alcantarillas, Viajes antiguos, gas, electricidad, teléfonos, metro, etc.) el resultado son las aproximadamente 40 roturas y averías. Bien es verdad que de ellas sólo 8 ó 9 son en tubería general, pero que los madrileños solemos ver con cierta frecuencia. Ha habido casos en que se ha desplomado el suelo, quedando atrapados automóviles, como he dicho, Avenida de Daroca, calle Almagro, o bien lugares en que se forma una inmensa laguna debido a la rotura de la red del canal, o bien quejas, últimamente de las estaciones del metropolitano, de usuarios que se quejan de que no les gusta ducharse obligados con aguas de procedencia desconocida, etc.

Otras veces las arenas madrileñas actúan como esponja y aparece el hundimiento, y sin existir alcantarilla o conducción de agua, resulta un enigma el saber por donde han si-

# **FORMACIONES GEOLOGICAS**

Fuente: Resumen Estadístico del  
Ayuntamiento de Madrid



**MADRID**

do arrastradas por las arenas y tierras que faltan.

Las fugas de la red, de manera oficiosa, se calculan de un 5 % a un 7 %. Sin que se sepa realmente, porque el Canal de Isabel II no tiene instalados caudalímetros que las calculen, y por otro lado, es bastante difícil calcularlas, incluso con los métodos más modernos, por la extensión de la red y por la dificultad que ofrece el suelo madrileño de las mencionadas arenas arcóscicas que, con una profundidad de 1000 a 2.000 metros, actúan como una gigantesca esponja que absorbe todo el agua que desaparece de las conducciones o de las alcantarillas.

Particularmente importante es el fenómeno, ya que casi todo el término municipal lo constituyen o bien evaporitas (yesos) o bien arenas (mapa 1).

Por lo que respecta a las evaporitas: Existe una interesante teoría sobre las formaciones de las mismas en la cuenca del Tajo; en el momento en que el Tajo comenzaba a encajarse en los materiales graníticos por las fallas que rodean Toledo, y debido a la resistencia que ofrecían estos materiales a ser traspasados, se formó un dique natural con cota máxima de 700 metros, este hecho provocó la formación de un embalse natural cuyos límites estaban por un lado en las superficies de Ontígola ( yesos de Ontígola) y por otro en Vicálvaro -Vallecas. (yesos de Vicálvaro ). En estas zonas marginales, se formaron los yesos actuales de las facies Vallecas; gracias a la alternancia climática, porque todo el modelo estaba dominado por un clima de tipo tropical de dos estaciones; durante la húmeda se formaba una gran laguna de poca profundidad que desde Toledo llegaba a Vicálvaro, en la seca esta laguna casi desaparecía y este era el momento en el que las sales yesosas se acumulaban precipitando a los fondos y en las riberas.

Las evaporitas, crean importantes problemas en las conducciones. Por un lado; los yesos actúan como corrosivos, las conducciones se ven atacadas por ellos de tal forma que corroen hasta los hormigones y aceros, encareciendo las conducciones que tienen que ser reforzadas con pilastras de hormigón. Por ejemplo, las conducciones que recorren los yesos de la zona de Torrelaguna, que han sido sustituidos tres veces, optando en la última de las ocasiones por realizar una variante que los evitase. En Madrid, los yesos de Vallecas son eludidos por las conducciones o por las construcciones de edificios, situándose sobre ellos un chabolismo endémico. como por ejemplo el barrio de La Celsa.

Por otro lado, son muy plásticos: como tienen gran capacidad de retención de agua, en el invierno, con las lluvias aumentan de volumen considerablemente, mientras que en el verano, con la fuerte evaporación, disminuyen de volumen y se agrietan, por tanto cualquier conducción situada sobre ellos se agrieta y terminan rompiéndose, de ahí que no se pueda construir sobre ellos, los edificios se agrietan, así como las construcciones rígidas. Un claro ejemplo es la carretera nacional Madrid-Valencia, que a pesar de su firme, siempre se encuentra agrietada. Para evitar estos problemas hay que aumentar la solera de las instalaciones, con un claro encarecimiento de las mismas.

En la misma época en que se producía la acumulación de evaporitas en la cuenca del Tajo, en un análisis geológico superficial, existía también un aporte constante de materiales por parte de los ríos, resultado de las descomposiciones de los materiales metamórficos de la Sierra, debido a que durante la estación lluviosa este tipo de materiales con el agua y las fuertes temperaturas se desmantelaban con facilidad, de ahí la gran cantidad de arenas arcósicas que encontramos en Madrid. Además los aportes hídricos debían ser muy bruscos y de tipo torrencial casi monzónico, porque el arrastre

era muy intenso dada la gran cantidad de materiales acumulados.

La presencia de las margas más o menos arcilloso-calcíferas y de color verdoso vendría explicada por la época de las lluvias, cuando el suelo y los materiales más o menos provenientes de zonas calizas estaban sometidos a condiciones reductoras. Mientras que estas margas-arcillosas serían más rojizas en las condiciones oxidantes de la estación seca y cálida. En esta estación se producirían, por la intensa evaporación, costras calcáreas en la parte más cercana a la superficie del suelo, suponemos que estas costras calcáreas una vez formadas quedarían a modo de estratos cortos o lentejones, que asociamos a las peñuelas o rocas calizas del subsuelo madrileño. Este proceso es propio del Mioceno o Plioceno por los fósiles encontrados.

Respecto a las posibilidades de agua del término municipal de Madrid incluyo la información del Excmo. Ayuntamiento de Madrid (3) y el mapa 1 copiado del mismo informe:

Dentro de éste término están representados sólo los pisos Mioceno y Cuaternario integrados en el conjunto geológico que rellena la fosa tectónica del Tajo.

#### Mioceno:

Ocupa la mayor extensión y está formado por dos partes de composición petrográfica distinta.

Una constituida por depósitos detríticos que en forma de bancos continuos o lentejones, se distribuyen en la masa de la formación. En ella se distinguen principalmente niveles de arenas arcósicas con o sin cantos rodados y arcillas más o menos sabulosas y calcíferas.



Los depósitos en cuestión formados a expensas de la denudación, arrastre y deposición de las rocas ígneas, metamórficas y filonianas de la Sierra de Guadarrama, no se depositaron en forma de capas continuas en su composición, sino formando lentejones, que se limitan lateralmente y en profundidad, lo que da lugar a que no se pueda prever con precisión la profundidad a que puede encontrarse un determinado estrato o nivel acuífero, tomando como base los resultados de los sondeos de investigación que se hayan practicado en un punto de sus proximidades.

Esta formación detrítica es el resultado de una deposición en ambiente continental árido bajo un régimen torrencial de gran capacidad de erosión y arrastre.

Teniendo en cuenta el origen de estos depósitos, fácilmente se comprende el que la separación y tamaño de los elementos varíen con la distancia a que se depositaron de la Sierra; así, mientras que en sus proximidades pueden encontrarse componentes gruesos y largos, con elementos poco diferenciados, a medida que nos alejamos de su origen los componentes van disminuyendo de tamaño y su separación es cada vez más neta.

La otra parte del Mioceno, constituida por depósitos salinos de origen lacustre, se compone de bancos de margas yesíferas, de tonos gris-verdoso o azulado, yesos y arcillas, entre las que accidentalmente, pueden encontrarse niveles de sepiolita o bentonita, que están siendo objeto de explotación, como puede apreciarse en la relación de minas y canteras que se acompañan.

Bajo el nivel de calizas características del pontienense ( escasamente representado en la parte alta de una trinchera del ferrocarril a Barajas, a la altura del kilómetro

12 de la carretera de Barcelona) la composición de los bancos subterráneos es variable de unos sectores a otros, por lo que sería difícil encontrar dos cortes, con la misma composición y distribución de estratos, en sectores de esta formación separadas entre si.

Tanto en una como en otra de las dos formaciones miocénicas descritas se han encontrado entre otros fósiles, Mastodon Augustidens y Testudo Bolivari, los que han permitido incluir estas formaciones en los pisos vindobonien- se o Sarmatiense- Dortonense ( según autores, del Mioceno continental).

#### Cuaternario Diluvial:

A la formación miocena sigue en extensión la diluvial, ocupando terrenos sensiblemente llanos que se desarrollan principalmente en superficies limitadas por el mioceno en el triángulo de Barajas, Canillejas, San Fernando, en la zona de Vallecas, Vicálvaro y a lo largo de las corrientes fluviales limitando el Aluvial.

Estos depósitos, formados a expensas de la denudación y arrastre de los bancos miocénicos, se componen de arenas finas miocénicas de colores gris claro o rojo, o de arenas gruesas rójizas, con gran profusión de cantos rodados gruesos, según el punto de procedencia. Su límite con las formaciones detríticas miocenas resulta difícil de determinar, dada su composición semejante.

#### Cuaternario Aluvial.

El Aluvial se generaliza siguiendo los valles de las corrientes fluviales, y que por su reducida representación en la escala elegida no se ha delimitado con el aluvial.

Sus componentes principales son las arenas y cascajo depositadas en los cursos fluviales actuales.

Por último, se señalan terrazas representativas de cauces colgados con depósitos de gravas y arenas pertenecientes a la evolución de los ríos actuales durante el cuaternario.

#### Hidrología Subterránea.

Dentro del casco urbanizado de Madrid se han hecho sondeos de investigación de aguas artesianas con resultado negativo.

Sondeo en la calle Espoz y Mina con profundidad de 195 metros. Resultado negativo.

Sondeo en la calle Guzmán el Bueno, con profundidad de 308 metros. Resultado negativo.

Sondeo en la calle López de Hoyos, con profundidad de 287 metros. Resultado 3 litros por segundo no surgente.

En el valle del río Manzanares, en el espacio comprendido entre el Pardo y Madrid, se practicaron en el año 1912 diez sondeos, con profundidades de 196, 86, 107, 130, 100, 227, 87, 105, 94 y 101 metros, repectivamente.

La mayoría de estos sondeos dieron aguas artesianas surgentes, con caudales comprendidos entre 200 y 800 litros por minuto.

Con fecha reciente se han practicado varios sondeos en diversos parjes de este término, cuyas profundidades y resultados han sido los siguientes:

Fuencarral.- Sondeo de 100 metros. Se contaron niveles de agua no surgentes.

Aeropuerto de Barajas.- Sondeo de 155 metros. Se contaron niveles no surgentes.

Barajas. Finca la Chopera.- Sondeo de 110 metros. Se contaron niveles no surgentes.

Autopista de Barajas.- Sondeo de 201 metros. Se contaron niveles no surgentes.

Barajas.- Sondeo de 51 metros. Resultado negativo.

Madrid. Paraje la Florida.- Sondeo de 52 metros. Se contaron niveles no negativos.

El Pardo. Departamento de la Trofa. Sondeo de 146 metros. Se contaron niveles de agua no surgente.

Madrid. Real Sociedad Hípica Club Campo. Sondeo de 150 metros. Se contaron niveles acuíferos no surgentes.

El Plantío.- Sondeo de 160 metros. Se contaron niveles acuíferos no surgentes.

Aravaca.- Sondeo 110 metros. Se contaron niveles de agua no surgente.

Madrid. Casa de Campo.- Sondeo de 240 metros. Se contaron niveles de agua no surgente.

Campamento (de Carabanchel). Sondeo de 148 metros. Se contaron niveles acuíferos no surgentes.

57.

Carabanchel Alto.- Sondeo de 150 metros. Resultado negativo.

Vallecas.- Sondeo de 367 metros. Resultado negativo.

Villaverde.- Sondeo de 40 metros. Resultado negativo.

El Goloso.- Sondeo de 205 metros. Se contaron niveles acuíferos no negativos.

Se puede estimar a groso modo que en la zona detrítica del Mioceno se cuentan niveles artesianos surgentes en puntos cuya cota del terreno sea inferior a 620 metros.

A pesar de que los datos de sondeo son realmente negativos, no hay grandes caudales, ni se cortan acuíferos importantes, dentro del término municipal, creo que es más un problema técnico que de existencia o no de acuíferos; los pozos que se perforan son muy poco profundos, para obtener resultados importantes; empleando una técnica similar a la de perforación de pozos petrolíferos, la empresa Agua y Suelo, ha conseguido en las Captaciones profundas que en siete pozos, pueda abastecer más de  $1 \text{ m}^3 / \text{seg.}$ , al principio, y en la actualidad más de 300 l / seg. de caudal, en las cercanías de El Goloso, a profundidades de 500 m.

El sistema consiste en perforar inyectando agua a presión por un tubo periférico y recoger el agua y el barro en un tubo central, con lo que no se estropea las paredes del pozo, al mismo tiempo, se encuentran los lentes de los acuíferos más extendidos espacialmente, en este caso, se colocan unos filtros para evitar aportes que se ataquen las cañerías. La compañía Agua y Suelo, según las explicaciones que nos dió un ingeniero alemán, ha encontrado un nivel denominado "H" arcilloso que se encuentra a 500 metros y que actúa como límite inferior de las aguas

de los acuíferos, por debajo de él es muy difícil encontrar agua.

El agua que sale de estos pozos lo hace a 23º ó 25º c, con lo que se estudia su aprovechamiento futuro como agua caliente. Como curiosidad, dentro de la riqueza de la provincia de Madrid en acuíferos, recientemente se ha descubierto uno, en las cercanías de San Sebastian de los Reyes cuyo primer pozo ha sido denominado Pradillo I, que arrojaba un caudal de 75 m<sup>3</sup>/hora a 75 - 80º C., que se piensa explotar para calefacción (4), el siguiente pozo se esperaba que alcanzara los 40 l/seg. con temperatura de 90º C.

Haciendo hincapié en la riqueza acuífera dentro de las arenas de la facies de Madrid, está el interesante trabajo de Pérez Regodón (5), da detalles de diversos sondeos positivos en la provincia de Madrid, en la que una lámina de propaganda de la empresa Vegarada hace constar la relación de empresas y organismos públicos que en la Provincia se abastecen de aguas subterráneas, la mayor parte de los sondeos se encuentran en la zona de las arenas de la facies de Madrid, perforando la mayoría hasta 200m. En el valle del Manzanares se han encontrado acuíferos de 200 l/min. en un sondeo, 250 l/min en otro, 450 l/min. en otro, con la corriente principal a 130 metros de profundidad. En otro de los sondeos en el mismo valle, se consiguieron 750 l/min. y 800 l/min. En la casa de Campo el mismo autor da cuenta de sondeos con 40 l/seg., en estas perforaciones citadas sólo alcanzan los 200 metros como máximo, creo que si se profundizara más, los caudales serían sin duda más importantes. El problema está en que no se puede determinar el punto exacto de la perforación, ya que, los materiales, arenas y arcillas, no se depositaron de forma continua, y es muy difícil saber donde están los acuíferos y el éxito o fracaso de la perforación depende de la suerte.

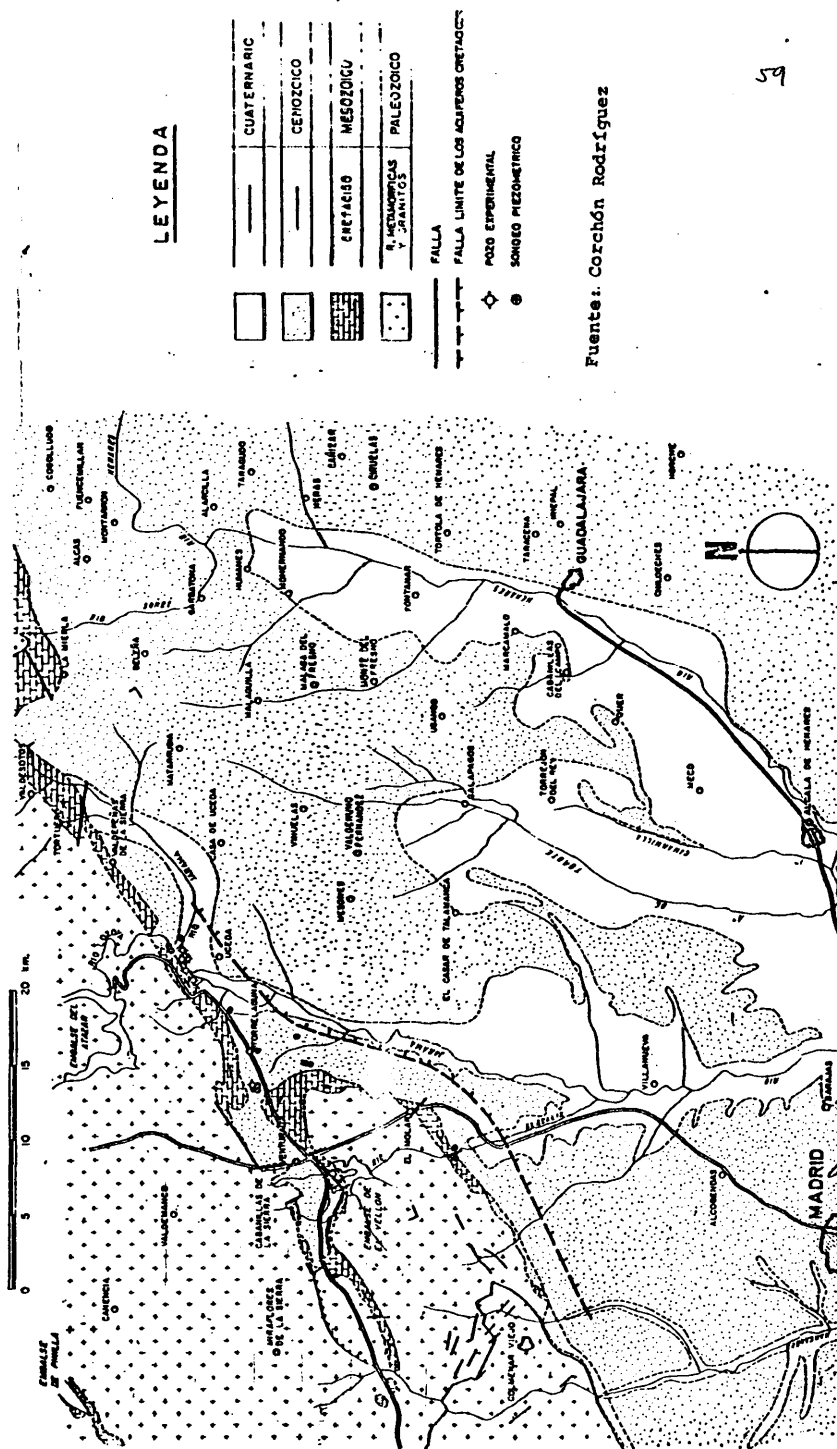


Fig. 2. — Esquema geológico general.

La empresa citada Agua y Suelo en sus pozos ha tratado de establecer un paralelismo entre profundidad y los acuíferos más importantes con un éxito relativo, ya que, sólo alguno de ellos, de nivel determinado, se encuentran representados en varios de los pozos.

#### 1.2.2. Los acuíferos Cretácicos.

Existe un cierto número de aportaciones sobre las posibilidades de los acuíferos cretácicos, Llamas, Arias, Llopis, etc., pero sin duda una de las más interesantes e importantes es el de Corchón Rodríguez (6) sobre el cretácico del NE de la provincia de Madrid del que resumo las conclusiones del capítulo 6 sobre hidrología. Estudia una zona de grandes posibilidades para el aprovechamiento de las aguas de dichos acuíferos, por encontrarse en la zona de Torrelaguna, donde están situadas algunas de las instalaciones del Canal de Isabel II, particularmente, las grandes conducciones.

Como se puede apreciar en los gráficos adjuntos. Según este autor, los materiales paleozoicos de la base del cretácico se consideran acuífugos, es decir, materiales que no contienen ni transmiten aguas subterráneas. Los materiales terciarios, incluidas las rañas (por ejemplo la de Uceda), solo contienen acuíferos en los niveles detríticos gruesos. Los yesos del Paleógeno dan aguas de pésima calidad (en los gráficos acuitardo Y). Las terrazas del río Jarama sólo tienen interés las cercanas al nivel de base del río, pero su pequeño espesor impide el almacenamiento de volúmenes de agua importantes. En el cretácico de la zona se distinguen hidrogeológicamente cinco tramos incluidas las calizas de Techo, de las que tres constituyen acuíferos.



En la página siguiente, y dado el interés que tienen |, incluyo los mapas geológicos de la zona donde el Canal tiene situadas algunas de sus instalaciones tomadas de Corchón Rodríguez.

El acuíf-ero U (forma-ción Patones o facies Utrilla) es pobre, poco permeable, continuado por arenas y areniscas de grano fino, con valores de almacenamiento correspondientes a un acuífero cautivo.

Los acuíferos  $C_2$  y  $C_1$  (formación Pontón de la Oliva) son cársticos y proporcionan en algunas zonas 100 l./seg. Se encuentran conectados con los ríos Lozoya, Jarama y Guadalix cuando estos cortan las afloraciones cretácicas.

El volumen de agua almacenada por los acuíferos C y U están comprendido entre 600 y  $1.750 \text{ hm}^3/\text{año}$  de los que serían aprovechables de 100 a  $200 \text{ hm}^3/\text{año}$  (capacidad útil).

Los niveles piezométricos de los acuíferos C y U evolucionan de acuerdo con las precipitaciones estacionarias; con tiempos de respuesta pequeños.

La dirección de flujo del agua subterránea del acuífero C es de Oeste a Este en la zona comprendida entre Guadalix de la Sierra y la línea que uniría el Vellón con Torrelaguna. A partir de esta línea, una parte del flujo se dirige hacia la intersección del río Guadalix con los afloramientos cretácicos y otra en sentido contrario hacia la confluencia entre los ríos Lozoya y Jarama.

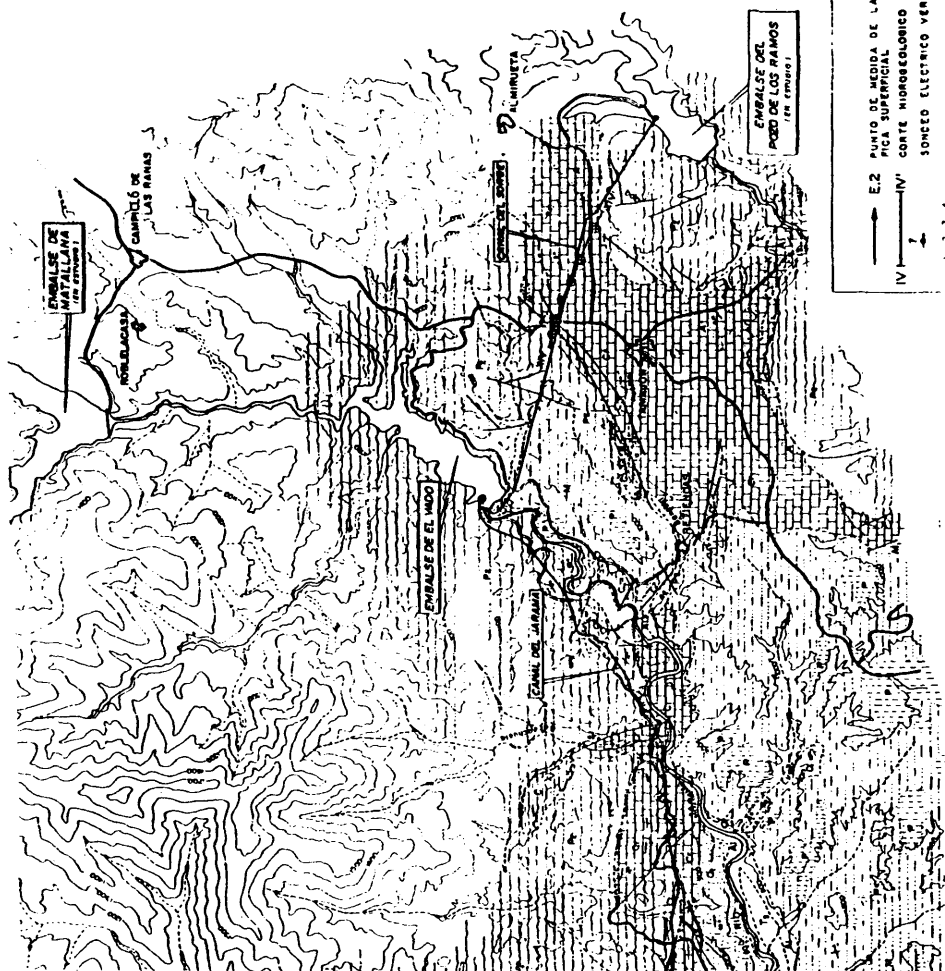
Las aguas de los acuíferos C y U son potables, (convenientes), mientras que las del Y son sólo tolerables.

Presento unos cortes hidrogeológicos de Corchón, en








### LEYENDA

[illegible][illegible]

**Fuente: Corchón Rodríguez.**

E.2  
 V  
 7

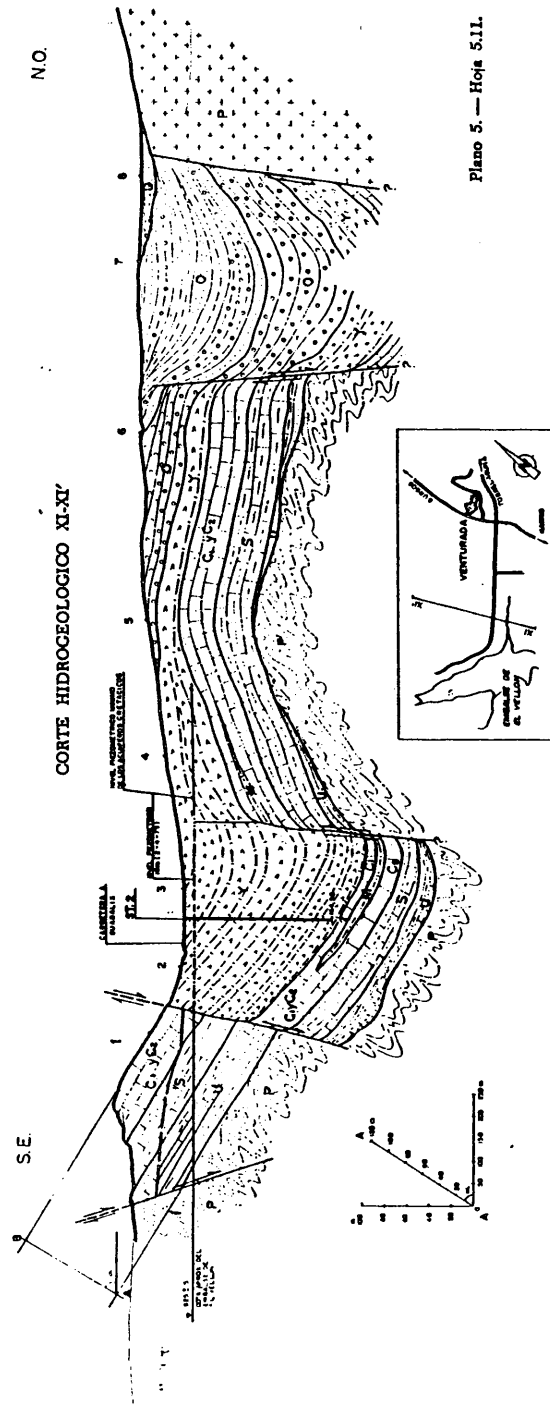
PUNTO DE MEDIDA DE LA SERIE ESTRATIGRAFICA SUPERFICIAL  
 CORTE MICROSCOPICO  
 SONCDO ELECTRICO VERTICAL

LEYENDA DEL PLANO 5 (CORTES HIDROGEOLOGICOS I-V A XIV-XIV')

LEYENDA LITOLOGICA  
(Cortes I-I', V-V', VI-VI', VII-VII', VIII-VIII', IX-IX', XI-XI' y XII-XII'):

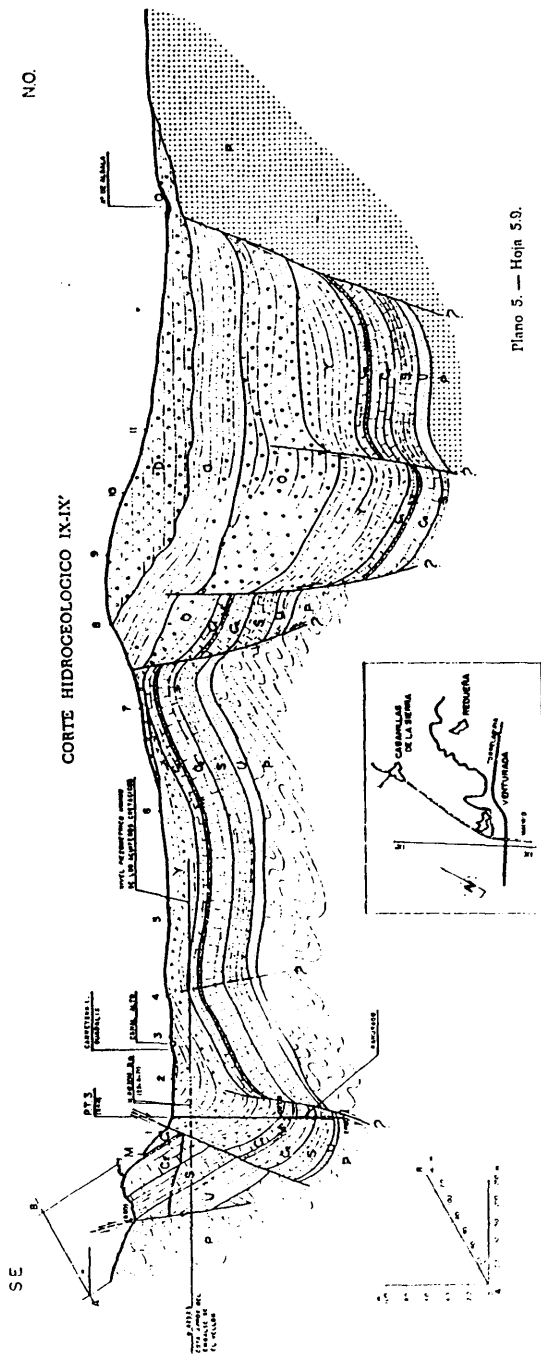
EPOCAs	LEYENDA LITOLOGICA		LEYENDA LITOLOGICA	
	(Cortes I-I', V-V', VI-VI', VII-VII', VIII-VIII', IX-IX', XI-XI' y XII-XII')		(Cortes II-II', III-III', IV-IV', V-V', N-N', XIII-XIII' y XIV-XIV')	
CUATERNARIO		Cantos de pizarra con arcillas (conos de deyección) (Q)		Terrazas y aluviones
MIOCENO		Terrazas y aluviones (Q)		Yesos
		Arenas y cantos (D)		Calizas
PALEOCENO		Conglomerado margoso, arenas y cantos } (O)		Calizas margosas
				Arenas silíceas
		Margas, arcillas y yesos (N)		Arcillas
CRETACICO		Calizas separadas por una capa margosa (Ca, M, Ca)		Margas
		Turonense-Cenomanense		Arcillas arenosas
		Facies "Utrillas" (Cenomanense-Albense)		
PALEOZOICO		Pizarras o gneises } (P)		
		Granitos		





Plano 5. — Hoja 5.11.

Fuente: Corchón Rodríguez.

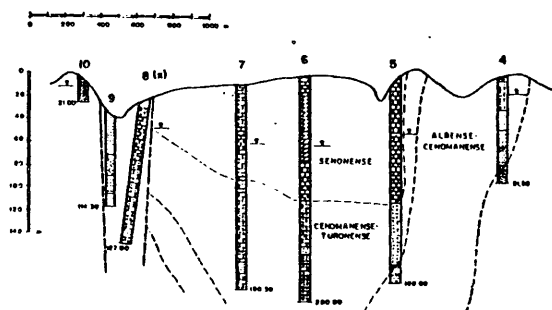


Plano 5. — Hoja 59.

Fuente: Corchón Rodríguez.

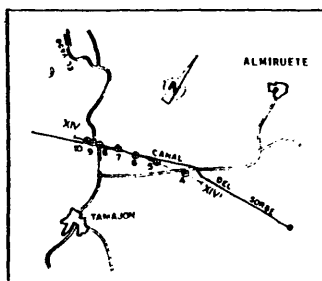


### CORTE HIDROGEOLOGICO XIV-XIV'



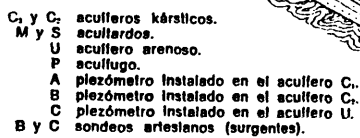
(X) B: SONDEO INCLINADO 0%.

NOTA: 1,2,3, ... NO N° DE CAMBIO EN EL OCTANTE O  
DE LA HOJA 1/50 000 N° 439

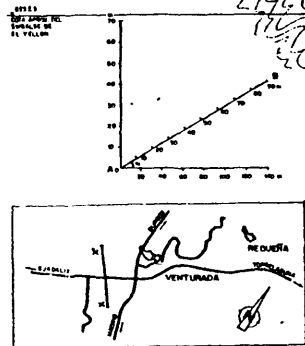


**Plano 5. — Hoja 5.14.**

- Fuente: Corchón Rodríguez.



**Fig. 19. — Esquema del funcionamiento hidrogeológico del Cretácico.**



Fuente: Corchón Rodríguez.

los que se aprecia cada uno de los elementos descritos, aunque también aparece un corte de Tamajón con los datos piezométricos y litoestratigráficos.

### 1.2.3. Litología y geología de las cuencas.

La primera cuenca, de N.E. a S.W. de los ríos que abastecen de agua a Madrid, es la del Sorbe, afluente del Henares, cuya cabecera drena una zona de pizarras y cuarcitas silúricas. El embalse está construido en una magnífica cerrada natural en el Pozo de los Ramos, cerca de Tamajón y de Almiruete, en un desfiladero que formaba el río al cortar una crestería de cuarcitas que sobresalen en un paisaje de pizarras. Hacia el Oeste siguiendo el trasvase Sorbe-Jarama, aparecen las calizas cretácicas de Tamajón prensadas entre bloques del Silúrico que forman las cuencas de alimentación de los ríos Sorbe y Jarama.

El embalse de El Vado en la cuenca del Jarama aparece en la misma formación de pizarras silúricas que el Pozo de Ramos, salvo que aquí la cerrada que se ha aprovechado, esta basada en el encajonamiento del río en los materiales anteriores, formando meandros, en dos superficies; la superior debida al río periglaciario, y la inferior de edad posiblemente holocena que está encajado en la otra, y que es resultado de la erosión del río. En estas superficies donde se ha realizado la presa, con un vaso perfectamente impermeabilizado por los materiales Paleozoicos.

La cuenca del Lozoya y la mayoría de sus embalses se encuentran en una zona de gneises (de edad posiblemente precámbrica) que les permiten una impermeabilidad a los vasos, y a los propios embalses, perfecta, particularmente a los de Pinilla, Riosegundo, Puente Viejas y el Villar, no existen en las zonas de los embalses fallas o fisuración.

nes importantes y en alguno, las condiciones del roquedo son perfectamente sanas, con lo que simplemente se han realizado las cimentaciones debidas en la roca sana y no ha existido ningún tipo de problema.

La primitiva presa del Pontón del Olivo, que esta cerca de la confluencia con el Jarama tuvo algunos problemas importantes debido a que esta situada sobre calizas de la facies Pontón en la que se forman cavernas cársticas, una de las cuales situada bajo la presa, obligó a obras de cierta importancia.

En la presa del Atazar, después de cuatro anteproyectos (7) que discutían su emplazamiento, dada la mala calidad del terreno, se realizaron numerosos estudios geotectónicos, litológicos y geológicos. Se trata de una zona de pizarras silúricas, (que no pudieron definir, por ausencia de fósiles, si eran Ordovicienses o Gothlandienses, aunque por la potencia de la formación y casi carencia de cuarcitas, parece más lógico que en esta región perteneciesen al segundo .). Además de las formaciones silúricas existen también otras formaciones rañas pliocénicas, (en el pueblo del Atazar por ejemplo, y depósitos holocenos en la parte baja.). Las rañas indican que el río Lozoya se ha encajado en la primitiva superficie de erosión, dado lo deleznable y fisurado de las pizarras, casi 300 ó 400 m. formando meandros perfectamente encajados. Este hecho ha sido aprovechado para realizar la cerrada.

El problema a que aludía es la gran cantidad de fisuras y diaclasas que tienen los materiales, existiendo dos sistemas importantes de ellos paralelos a la inclinación de ambas laderas. Además existe un diaclasado subhorizontal y otro vertical normal al cauce, todos

ellos independientemente de la esquistosidad que es también normal al cauce y con buzamiento cercano a la vertical,

Los materiales de la presa, dado su diaclasado y su composición, pizarras milonitizadas, pizarras grafitosas y pizarras descompuestas, tuvieron que ser limpiados y hormigonados.

Las diaclasas arcillosas tuvieron que ser rellenadas de hormigón. Es decir, que gracias a la técnica moderna se pudo construir una presa en un punto, que topográficamente es perfecto para ello, pero geológicamente es el sitio más inadecuado, ya que, los buzamientos de los materiales podrían hacer saltar la presa, (son materiales inestables, que con la presión del volumen embalsado podrían moverse). La solución técnica que se dió a estos problemas fue perfecta, con anclajes, galerías de drenaje, inyección de hormigón, etc, de tal manera, que gracias a estas soluciones, se agotó la capacidad de aprovechamiento del Lozoya y se mejoró de forma radical el abastecimiento de Madrid.

La presa del embalse del Vellón esta situada en una zona de gneises entre la Sierra de San Pedro ( Horst) y las pequeñas elevaciones de El Vellón pueblo; el río lejos de cortar hacia la llanura madrileña por la zona de Venturada donde las calizas cretácicas son más fáciles de erosionar, corta los gneis de forma N6 perpendicular a las fisuras más importantes que son de NE-SO. Los materiales que constituyen la cerrada son sanos en general sin que la construcción de la presa o de su posterior evolución haya tenido ninguna incidencia, tan sólo, que al tener en su cuenca materiales deleznales, calizas cretácicas, y materiales miocenos, las posibilidades de

aterramiento son mayores, o también que las calizas cretácicas citadas con sus fenómenos cársticos constituyan un embalse paralelo con posibles fugas subterráneas hacia Venturada. Además las calidades de las aguas son peores que las del Jarama por ejemplo (8).

El embalse de Santillana, entre la Sierra de San Pedro y la de Hoyo, constituye una zona de saneados granitos sin fisuraciones importantes que no hayan sido detectadas y cimentalizadas, constituye una cerrada muy amplia y con poca profundidad en el vaso.

Los granitos, sanos en general, sirven de asiento a las presas del río Guadarrama ( Pozo de las Nieves) y del Aulencia (*Valmayor*), que no han necesitado excesivos tratamientos a la hora de cimentar.

La situación de los materiales cambia en Picadas, con gneis, pero sin ningún problema técnico especial.

Los granitos de la cuenca del Alberche constituyen bases magníficas de impermeabilidad para, donde no aparecen fallas N-S, construir embalses. Las cerradas ya han sido aprovechadas por los técnicos para construir, en granitos; San Juan y Buguillo; y creo que es en gneises, el Charco del Cura.

Por lo que respecta a la permeabilidad de la zona (9) y (10), existen formaciones permeables con acuíferos de elevada transmisividad la facies de las arenas de Madrid, que será tanto más elevada cuanto más cerca estén al zocalo, debido fundamentalmente a la porosidad intergranular.

Existen formaciones permeables por fisuración en las calizas del cretácico en la línea El Molar-Guadalix

Torrelaguna y Tamajón, con acuíferos de elevada transmisividad.

Por último, hay zonas prácticamente impermeables, o con mantos acuíferos aislados en el zócalo granítico o Paleozoico, es decir, en el Sistema Central y la peana de la Sierra, siendo prácticamente impermeables, la cuenca del Alberche Alto, El Lozoya hasta el Villar, Cuenca del Manzanares, Sorbe, Jarama, Aulencia y Guadarrama.

Notas 1.1.1. y 1.2.

- (1) VAUDOUR, J: La región de Madrid. Ed. OPHRYS. Aix.  
1979. pag. 17.
- (2) PAZ MAROTO, J: Urbanismo y servicios urbanos. Tomo  
III. Madrid. 1947.
- (3) PEREZ REGODON, J y CHAMERO SANCHEZ, A: Formaciones  
geológicas representadas en el término  
municipal de Madrid. Resumen estadístico,  
sección de Estadística. Ayto. de Madrid  
1967.
- (4) REVISTA CISNEROS: Excelentísima Diputación de Madrid.  
Febrero de 1981, pag 9.
- (5) PEREZ REGODON, J: Guía geológica, hidrogeológica y  
minera de la provincia de Madrid. Memo-  
rias del Instituto Geológico y Minero de  
España. Tomo 76. Madrid 1970. 183 pag.
- (6) CORCHON RODRIGUEZ, F: Estudio hidrogeológico del  
cretácico de los alrededores de Torrela-  
guna. (Madrid y Guadalajara). Dirección  
provincial del Servicio Geológico General  
de Obras Hidráulicas. Boletín nº 40. Ma-  
drid. 1976. 189 pag.
- (7) CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL TAJO Y CANAL DE ISA-  
BEL II: Presa del Atazar. M.O.P. Madrid. Marzo de  
1972. pag 33 y 55.
- (8) ALONSO PASCUAL, J. J. y CATALAN LAFUENTE, J. G.: Es-  
tudio con microscopio electrónico y quí-  
mico de las aguas de los ríos Jarama y



sus afluentes, Guadalix, Lozoya y Manzanares. Documentos de Investigación Hidrológica. Inst. Geología Económica. C.S.I.C. Madrid 1966. pag 1 y 53.

(9) GOMEZ ANGULO, J.A.: Mapa de Reconocimiento Hidrogeográfico de la España Peninsular, Baleares y Canarias. Mapa Hidrogeológico Nacional. I.G.M.E. Madrid 1971. 1ª edición.

(10) IDEM , J.A.: Mapa de síntesis del Sistema Acuífero de España Peninsular, Baleares y Canarias. Mapa Hidrogeológico Nacional. I.G.M.E. Madrid, 1971.

### 1.3. Clima y agua

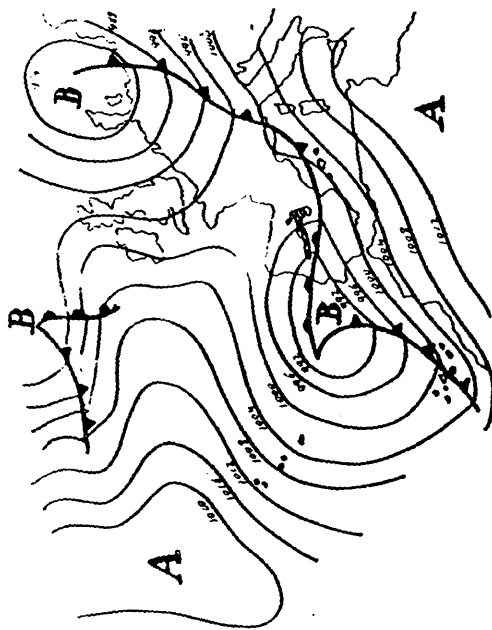
Como es lógico, los recursos hídricos están en función de las variables meteorológicas. El clima de una región es, sin duda, determinante de los recursos potenciales de agua.

Madrid situada en una zonasemiárida, con 400 - 450 mm. de precipitación, necesita agua de otros lugares donde las precipitaciones sean más abundantes, ya que los sistemas de captación fundamentales de su sistema de abastecimiento son superficiales. Por ejemplo según Huetz de Lemp (1), el clima de Madrid es bastante seco, para el período 1859-1963, la media de precipitaciones es de 427 mm. Pero existen fluctuaciones importantes; los años secos caen menos de 300 mm. y en 1954 (época de las "continuas sequías") se alcanzaron los 240 mm., mientras que en los años lluviosos se pueden alcanzar más de 700 mm.; en 1963 la cifra máxima fue de 746,6 mm. Si agrupamos los años seco y los húmedos, la precipitación máxima se dió en el quinquenio 1956-1960 con una media de 509 mm. de precipitación.

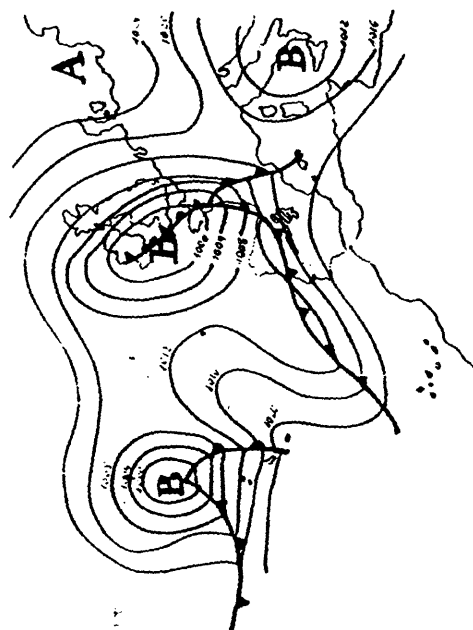
Como en Madrid las precipitaciones son realmente poco importantes, se recurrió en 1850 a traer agua de una zona que es un inmenso reservorio y que dista en línea recta 50 Km., me refiero al Sistema Central.

Este macizo montañoso actúa como zona de contención de las perturbaciones, las que a nosotros nos resultan más importantes son las situaciones de Pontente, particularmente las situaciones de "ábregos" que son las que descargan mayor cantidad de precipitación como se puede apreciar en el gráfico 1, (2); Estos autores García de Pedraza, Elías Castillo y Ruíz Beltrán, afir-

GRAFICO N° 1



Mapa sinóptico del 27-1-79  
Situación típica de lluvias al Sur de la Cordillera Central, con nubes de estancamiento que se "reprezan" contra la ladera meridional.  
Se observan frentes de nubes persistentes en toda La Mancha (duración del temporal entre 3 y 11 horas).  
Cielos despejados en el Quero.



Mapa sinóptico del 2-XII-78  
Situación de estancamiento de un frente frío al Norte de la Cordillera Central, con lluvias persistentes.  
Cielos despejados en La Mancha.

man que la cordillera tiene una influencia decisiva en los parámetros climatológicos de ambas vertientes, asociado a varias características:

a) A la Precipitación y a la nubosidad; por el efecto de estancamiento y foehn, afirmando que la ladera meridional es más fría. Con todo, los vientos del S. y SW. húmedos ( los citados abregos) provocan gran nubosidad y copiosas lluvias en la ladera sur con unos tres días de duración y una frecuencia anual de 7 %.

b) Las situaciones del Norte o del Noroeste dejan despejada la vertiente sur aunque aparezcan algunos cúmulos y alto cúmulos lenticulares en la misma.

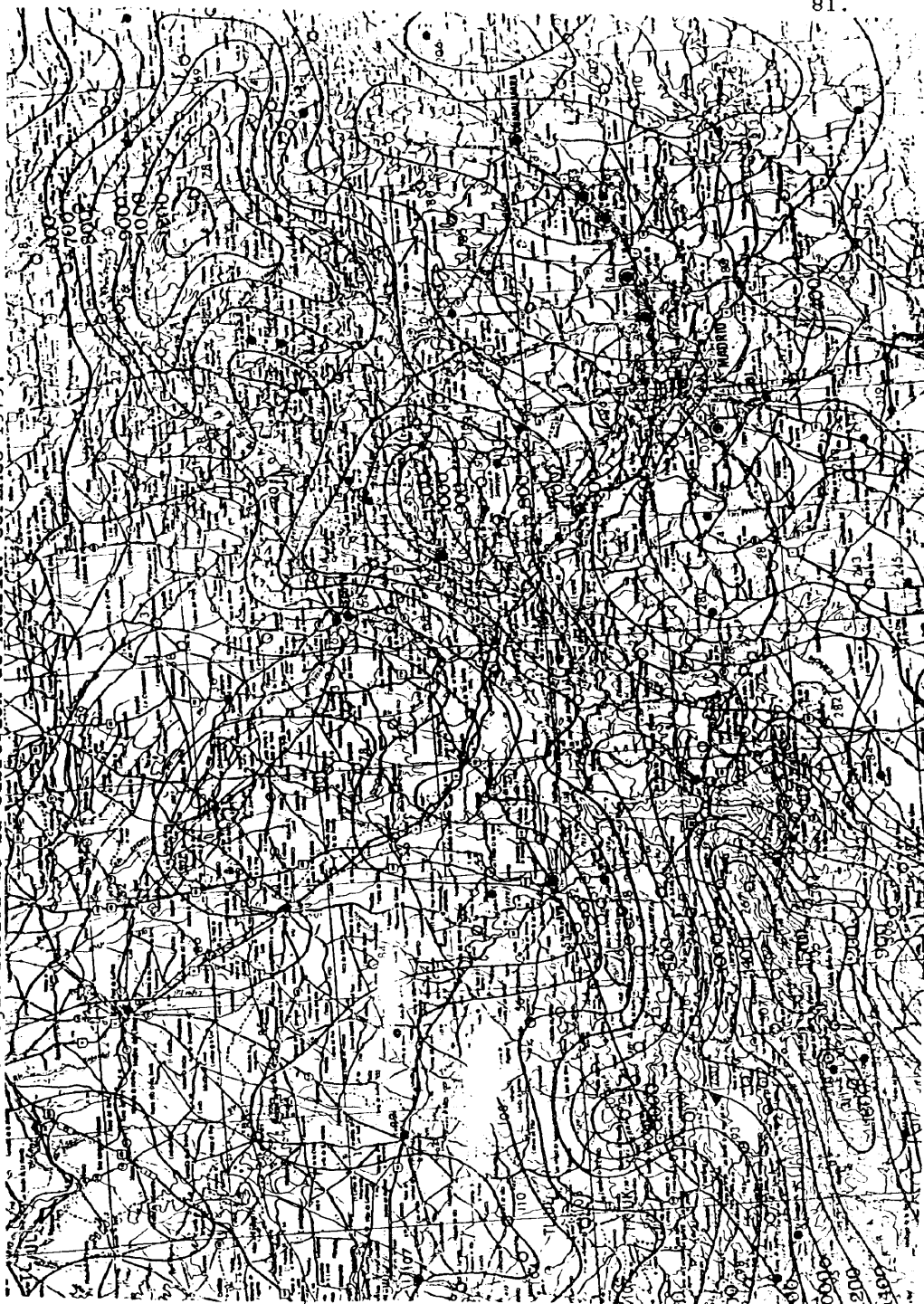
c) Las tormentas tienen una influencia decisiva y aparecen asociadas a surcos difluentes en su parte delantera. La ladera meridional de la Gran Cordillera Central, sobre todo en la zona de los embalses, (Santillana, Lozoya y Guadalix) actúa como desencadenadora de las tormentas. Los embolsamientos de aire frío a nivel de 500 mb. sobre la vertical de la Península, con temperaturas del orden de -16º C. a - 20º C. dan intensa actividad tormentosa y fuertes aguaceros.

Las precipitaciones oscilan por cuencas según el mapa 1 y cuadro 1.

#### Cuadro 1.

Precipitaciones medias anuales. 1930-73 por zonas geográficas.

	<u>Precip. máximas</u>	<u>mínimas</u>
Sorbe .....	1.200	600
Jarama.....	1.200	800



continuación

	<u>máximas</u>	<u>mínimas</u>
Lozoya.....	1.500	600
Guadalix.....	1.500	700
Manzanares.....	1.500	800
Guadarrama		
.....	1.500	600
Aulencia		
Alberche .....	1.600	600
Tietar .....	1.600	900

Fuente.: Cimatología Básica de la Subregión de Madrid.  
Mopu Madrid, 1979.

Las zonas de mayor precipitación son por tanto, el nudo Navacerrada-Cuerda Larga y Gredos que mantienen una dirección E- W, determinante como obstáculo para los vientos del Suroeste, estos accidentes orográficos condicionan la distribución por varios motivos: (3)

- Efecto de remonte y contención: que de forma adiabática provoca enfriamiento y precipitación de los vientos del SW sobre la Cordillera.

-Las brisas de montaña, particularmente en la cara Sur que afecta a los embalses, tienen una incidencia importante, ya que se producen por un calentamiento relativo de las zonas montañosas respecto al calentamiento relativo de la atmósfera libre situada a igual altura. Este fenómeno ha sido estudiado por López Gómez, en un trabajo clásico de inversiones de temperatura entre Madrid y el Escorial, el fenómeno consiste en el calentamiento del roquedo y masas de aire sobre la montaña, por la incidencia de la radiación en la cara sur y por el fuerte albedo de las rocas graníticas, que transmiten el calor a la masa de aire cercana a la misma, en las horas centrales del día las brisas soplan hacia las mon-

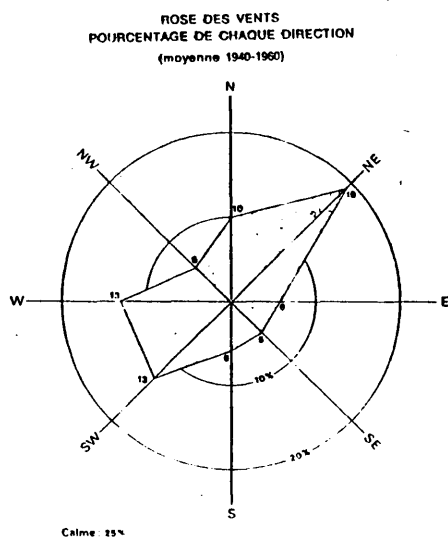
tañas recalentadas, favoreciendo las precipitaciones sobre la misma y en determinados casos un ligero incremento de la precipitación sobre el valle. En el caso de que la atmósfera esté inestable, las brisas pueden actuar en el desencadenamiento de la inestabilidad, con formación de chubascos y tormentas. Las zonas de los embalses son propicias para aportar la humedad suficiente a las tormentas, en los primeros momentos del ascenso.

Puede decirse, en general, que cuando una cadena montañosa es remontada por una corriente de aire aumenta la inestabilidad en la vertiente de la montaña. Pero cuando la atmósfera está estratificada con inestabilidad latente, se produce un efecto de disparo que da lugar, como consecuencia de la elevación forzada de la masa de aire cálida de vertiente recalentada, a chubascos y tormentas.

Este fenómeno se produce en primavera, verano y otoño, y en julio y agosto como han estudiado Gandullo y otros (4) " Los datos aislados de cada estación permiten comprobar un hecho sabido: en cada una de las zonas se aprecia una correlación positiva entre precipitación y altitud en todos los meses del año, salvo en los meses centrales del estío en los que el reparto es totalmente anárquico a causa de que las lluvias vienen dadas por fenómenos convectivos de chaparrones y tormentas, con valores escasos del coeficiente de correlación. En el valle de Lozoya da 0,3 en julio y agosto, frente a 0,7 - 0,9 en el resto de los meses". Hacia los 1000 m. la zona más lluviosa es la vertiente sur, en una línea que va desde el Escorial al Valle del Lozoya, que es precisamente donde se ubican los embalses. Este fenómeno es debido a que el ascenso adiabático comienza antes en la vertiente Sur que en la Norte de la Sierra, por lo tanto

la condensación se produce antes, y a los 1.000 m. descarga. ( entre 1.000 y 700 m. están la mayoría de los embalses que abastecen Madrid).

Por lo que respecta a las isoyetas (mapas 1 - 2) utilizando fuentes diferentes llegan a la misma conclusión: las zonas más lluviosas son las que están a barlovento de las corrientes dominantes de Madrid, según la rosa de los vientos de Huetz de Lemps.



Fuente: Huetz de Lemps: Madrid cap. cit. pag. 26.

Los vientos dominantes del SW, W y NE, chocan contra la Cordillera, pero los únicos que generalmente aportan humedad son los del W y SW, mientras que los del NE aportan nieve y frío, parte importante para los deshielos de mayo, pero en general, más bien fríos y secos.



Gredos con 1.600 mm, Navacerrada con 1.500 y Somosierra con 1.200 son los reservorios de agua más importantes de nuestros embalses.

Para mí, más importante que los mapas de isotermas es el valor de la evapotranspiración, ya que,

$$P = E + T + R + Q_t$$

$$Q_t = E + I_1 - I_2$$

siendo:

P = Precipitaciones de las cuencas.

E + T + R = Evapotranspiración real

Q<sub>t</sub> = Caudal o media anual de los volúmenes aforados, equivalente a la lluvia útil

I<sub>1</sub> = Agua recogida por los acuíferos subterráneos (infiltración).

I<sub>2</sub> = Agua expulsada por los acuíferos subterráneos a los ríos.

E<sub>1</sub> = Escorrentía superficial.

Despreciando los valores de I<sub>1</sub> y I<sub>2</sub> en un primer momento t dado que se trata de cuencas impermeables.

$$P = E + T + R + Q_t$$

Q<sub>t</sub> es la lluvia útil, será igual a la precipitación menos la evapotranspiración real.

El Mapa Hidrogeológico Nacional (5) dedica un apartado al cálculo de este valor; con la utilización de seis métodos:

1) Coeficiente de escorrentía supuesto constante.

29) Ley

$$Lu = a \cdot p^b$$

Lu = Lluvia útil.

P = Precipitación.

a y b = Parámetros; b siempre superior a 1

39) Método Blaney - Criddle.

49) Método Penman.

59) Método Turc.

69) Método Thornthwaite.

La crítica de los métodos dió los siguientes resultados:

19) Sólo es válido en zonas climáticas iguales

29) No es útil cuando P es elevado.

39), 49) y 59) Falta de parámetros en la mayoría de las estaciones.

69) Es el más aprovechable, salvo que el máximo de la reserva sea 10 cm.

Por tanto el método utilizado es el de Thornthwaite que es el que se utiliza para el mapa de lluvia útil.

Por mi parte he calculado las fichas hídricas de varias de las estaciones de las cuencas para aproximar mis resultados a los del Mapa Hidrogeológico Nacional, con las estaciones termopluviométricas de las que he conseguido datos en las cuencas de los ríos que abaste-

cen Madrid (6). Para con posterioridad poder comparar con el mapa hidrogeológico, y aunque las estaciones son distintas los resultados son similares.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Temp. media mensual °C	-0,4	-0,1	1,8	4,6	8,7	12,7	16,6	16,1	13,0	8,2	2,4	-0,7	6,9 13 años
Precip. media mensual	8,3	9,0	7,2	7,4	7,9	5,3	1,6	0,8	5,4	6,7	13,3	6,8	79,7 13 años
i	0	0	0,21	0,88	2,31	4,10	6,15	5,87	4,25	2,12	0,33	0	26,22 = I
e	0	0	0,2	0,9	1,7	2,3	3	2,8	2,3	1,6	0,5	0	
E T P	0	0	0,6	3	6,3	8,7	11,4	10	7,2	4,6	1,2	0	53
Concentración verano													
E T P							30,1						56,8
Reserva	10	10	10	10	10	6,6	0	0	0	2,1	10	10	
Variación reserva	0	0	0	0	0	-3,4	-6,6	0	0	2,1	7,9	0	
E T P actual	0	0	0,6	3	6,3	8,7	8,2	0,8	5,4	4,6	1,2	0	38,8
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	3,2	9,2	1,8	0	0		14,2
Exceso de agua	8,3	9	6,6	4,4	1,6	0	0	0	0	0	2,1	6,8	38,8
Desague	6,2	7,5	7,1	5,7	3,7	1,8	0,9	0,9	0	0	1,05	3,95	38,8
Coef. Hídrico	-	-	11	1,4	0,2	-0,4	-0,8	-0,9	-0,25	0,4	10	-	

E T R = 38,8

P = 79,7

Elaboración personal.

Agua útil = 40,9 ; 3 meses de sequía

893 m. 3° 05' W 40° 13' N

COGOLLUDO (cercana al Sorbe)

ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE TOTAL

Temp. media mensual °C	4,7	6,2	8,5	11,3	15,6	20,7	25,5	24,2	19,6	13,6	7,7	5	13,5 (1957-73)
Precip. media mensual	8	6,1	6	5,1	5,8	3,3	0,7	1	2,4	6,9	8,9	4,5	58,7 (1946) y
i	0,91	1,39	2,23	3,44	5,60	8,59	11,78	10,89	7,91	4,55	1,92	1	60,21 (1959-72)
e	0,4	0,6	0,9	1,3	2,1	3,2	4,3	4	2,9	1,7	0,8	0,4	
E T P	1	1,5	2,8	4,3	7,9	12,1	16,4	14,3	9	4,9	1,9	1	77,1 = B' 2

Concentración, verano

E T P 55,51 % 55,51 % = b' 3

Reserva	10	10	10	10	10	7,9	0	0	0	2	9	10	
Variación reserva	0	0	0	0	0	-2,1	-7,9	0	0	2	7	1	
E T P actual	1	1,5	2,8	4,3	7,9	11,2	0,7	1	2,4	4,9	1,9	1	40,6
Falta de agua	0	0	0	0	0	0,9	15,7	13,3	6,6	0	0	0	36,5
Exceso de agua	7	4,6	3,2	0,8	0	0	0	0	0	0	0	2,5	18,1
Desague	4,75	5,8	3,9	2	0,4	0	0	0	0	0	0	1,25	18,1
Coef. Hídrico	7	3	1,1	0,1	-0,2	-0,7	-0,9	-0,9	-0,7	0,4	3,6	3,5	15,3

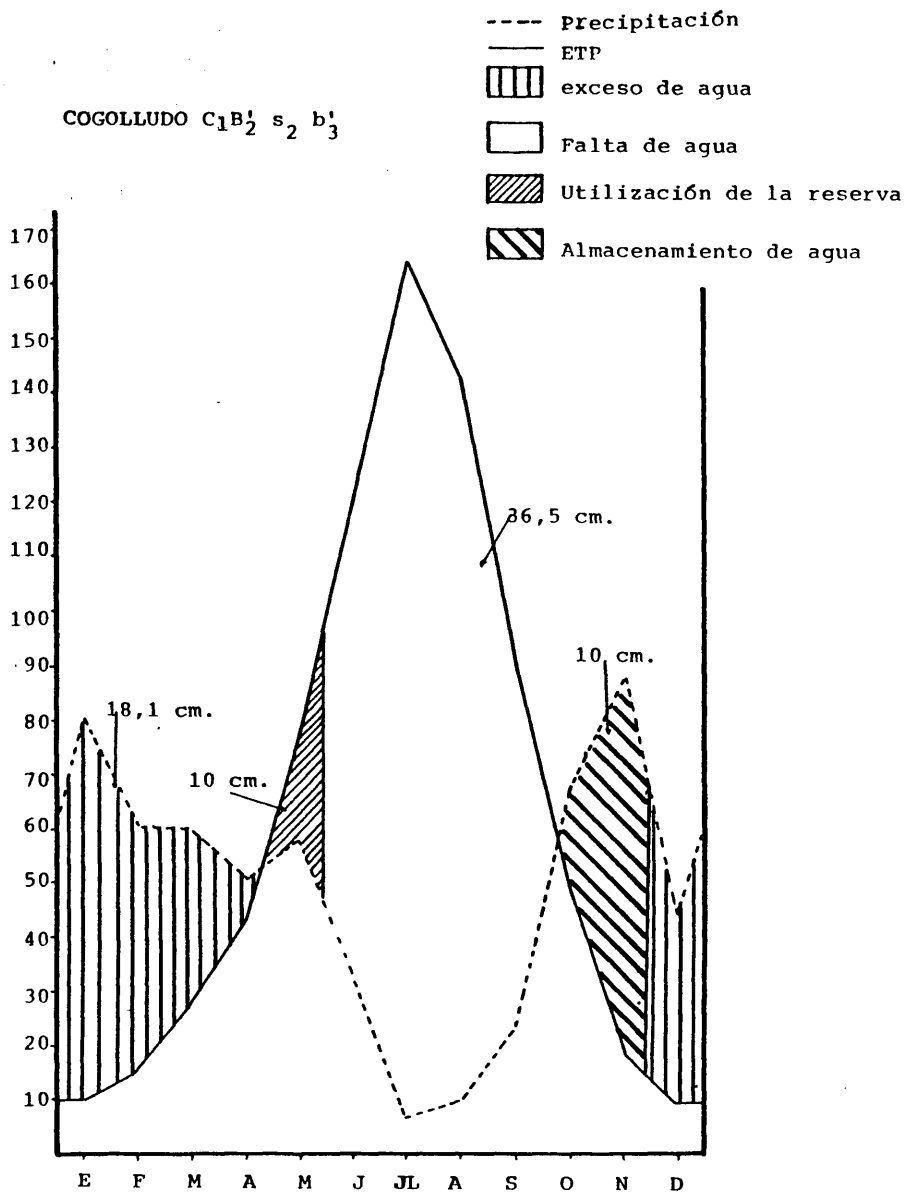
$$I_m = \frac{18,1 \cdot 100 - 60 \cdot 36,5}{77,1} = -4,9 : C_1 \quad I_h = \frac{100 \cdot 18,1}{77,1} = 23,47 = S_2 \text{ gran exceso de agua en invierno}$$

E T R = 40,6

P = 58,7

Agua útil = 18,1

Elaboración personal.

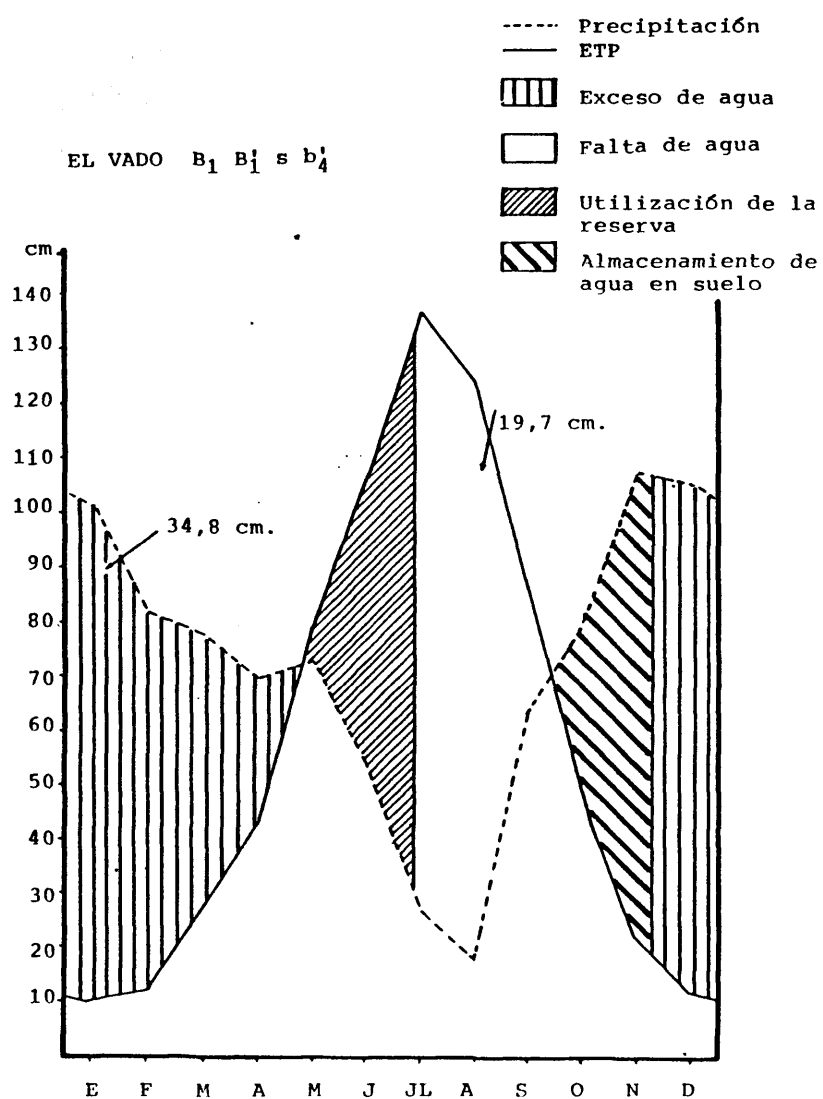
COGOLLUDO  $C_1B_2^1 s_2 b_3^1$ 

Elaboración personal.

1.000 m.		3°10' W 41°N.		<u>EL VADO</u> (Cuenca del Jarama)											
		<u>ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE TOTAL</u>													
Temp. en °C media	3,5	4,55	7,2	9,8	14,4	17,9	22	21,5	18,4	12,5	7,5	4,4	11,9 (1957-72)		
Precip. total mensual	10,1	8,2	7,8	7	7,3	5,5	2,7	1,8	6,4	8	10,7	10,6	86,1 "		
i	0,58	0,87	1,75	2,77	4,96	6,9	9,42	9,1	7,19	4	1,85	0,82	50,21		
e	0,4	0,5	0,9	1,3	2,1	2,8	3,6	3,5	2,8	1,7	0,9	0,5			
E T P	1	1,2	2,8	4,3	7,9	10,6	13,7	12,5	8,7	4,9	2,2	1,2	71 = B'1		
Concentración verano		51,83 %													
E T P													51,83 % b'4		
Reserva	10	10	10	10	9,4	4,3	0	0	0	3,1	10	10			
Variación reserva	0	0	0	0	-0,6	-5,1	-4,3	0	0	3,1	6,9	0			
E T P actual	1	1,2	2,8	4,3	7,9	10,6	7	1,8	6,4	4,9	2,2	1,2	51,3		
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	6,7	10,7	2,3	0	0	0	19,7		
Exceso de agua	9,1	7	5	2,7	0	0	0	0	0	0	1,6	9,4	34,8		
Desague	9,25	8,05	6	3,85	13,5	0	0	0	0	0	0,8	5,5	34,8		
Coef. Hídrico	9,1	5,8	1,7	0,6	0,07	-0,48	-0,8	-0,85	-0,26	0,6	3,8	7,8	27,08		
		$I_m = \frac{34,8 \cdot 100 - 19,7 \cdot 60}{71} = 32,36 ; B_1$ $I_a = 27,74 S$													

E T R = 51,3 P = 86,1 Agua útil = 34,8

Elaboración personal.



Elaboración personal.



654 m. 3°31' W 40°45' N

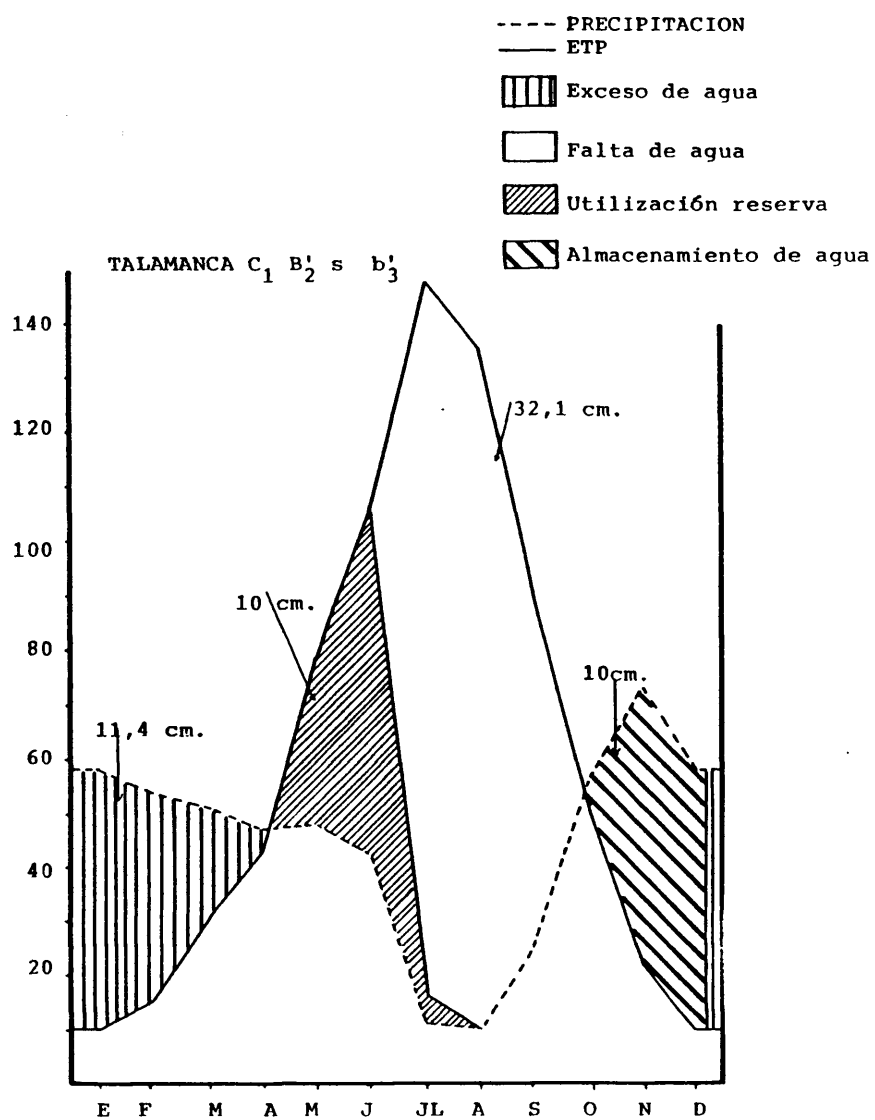
TALAMANCA ( Jarama al Sur de la. Presa del Vado)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Temp. en °C media	4,3	6,2	8,8	11,2	15,4	19,01	23,8	23,5	19,5	14,1	7,9	4,6	13,1 (1957-73)
Precip. total mensual	5,8	5,4	5,1	4,7	4,8	4,2	1,1	1	3,5	5,6	7,3	5,8	54,3 (1951-73)
i	0,8	1,39	2,35	3,39	5,49	7,55	10,62	10,41	7,85	4,81	2	0,88	57,54 = I
e	0,4	0,6	1	1,3	2,1	2,8	3,9	3,8	2,9	1,8	0,9	0,4	
E T P	1	1,5	3,1	4,3	7,9	10,6	14,8	13,5	9	5,2	2,2	1	74,1 B' 2
Concentración verano													52,49 % b' 3
E T P													
Reserva	10	10	10	10	6,9	0,5	0	0	0	0,4	5,5	10	
Variación reserva	0	0	0	0	-4,1	-6,4	-0,5	0	0	0,4	5,1	4,5	0
E T P actual	1	1,5	3,1	4,3	7,9	10,6	1,6	1	3,5	5,2	2,2	1	42,9
Exceso de agua	4,8	3,9	2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0,3	11,4
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	13,2	12,5	5,5	0	0	0	31,2
Desague	2,55	4,35	1,95	1,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0,15	11,4
Coef. Hídrico	4,8	2,6	0,6	0,1	-0,4	-0,6	-0,9	-0,9	-0,6	0,07	2,3	4,8	11,87

$$I_m = \frac{11,4 \cdot 100 - 31,2 \cdot 60}{74,1} = -9,8 = C_1 \quad I_h = \frac{11,4 \cdot 100}{74,1} = 15,38 = S$$

93.

E T R = 42,9      P = 54,3      Agua útil = 44,4      Elaboración personal



Elaboración personal.

1151 m. 3°31' W 41°03' N

MONTEJO (interfluvio Jarama-Lozoya).

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Temp. media en °C	4,4	3,8	4,7	7,8	10,3	18,7	21,7	21,3	17,0	12,5	7,1	4,4	11,1 8 años
Precip. total mens.	8,3	7,9	5,3	6,2	9,2	5,1	3	0,9	4,2	5,7	9,6	7,0	72,4 8 años
i	0,82	0,66	0,91	1,96	2,99	7,07	9,23	8,97	6,38	4,0	1,7	0,82	45,51
e	0,6	0,5	0,6	1	1,4	2,9	3,5	3,4	2,6	1,8	0,9	0,6	
E T P	1,5	1,2	1,8	3,3	5,2	11	13,3	12,1	8,1	5,2	2,2	1,4	66,3
Concentración verano E T P							36,4						54,9
Reserva	10	10	10	10	10	4,1	0	0	0	0,5	7,9	10	
Variación reserva	0	0	0	0	0	-5,9	-4,1	0	0	0,5	7,4	2,1	
E T P actual	1,5	1,2	1,8	3,3	5,2	11	7,1	0,9	4,2	5,2	2,2	1,4	45
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	6,2	11,2	3,9	0	0	0	21,3
Exceso de agua	6,8	6,7	3,5	2,9	4	0	0	0	0	0	0	3,5	27,4
Desague	4,3	5,5	4,5	3,7	3,8	1,9	1,9	0	0	0	0	1,5	
Coef. Hídrico	4,5	5,5	1,9	0,8	0,7	-0,5	-0,7	-0,9	-0,4	0,1	3,3	4	

E T P = 45

P = 72,4

Agua Útil = 27,4

Elaboración personal.

1.860 m. 4°45' W 40°37' N.

NAVACERRADA ( Cuencas del Lozoya, Guadarrama y Manzanares)

ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE TOTAL

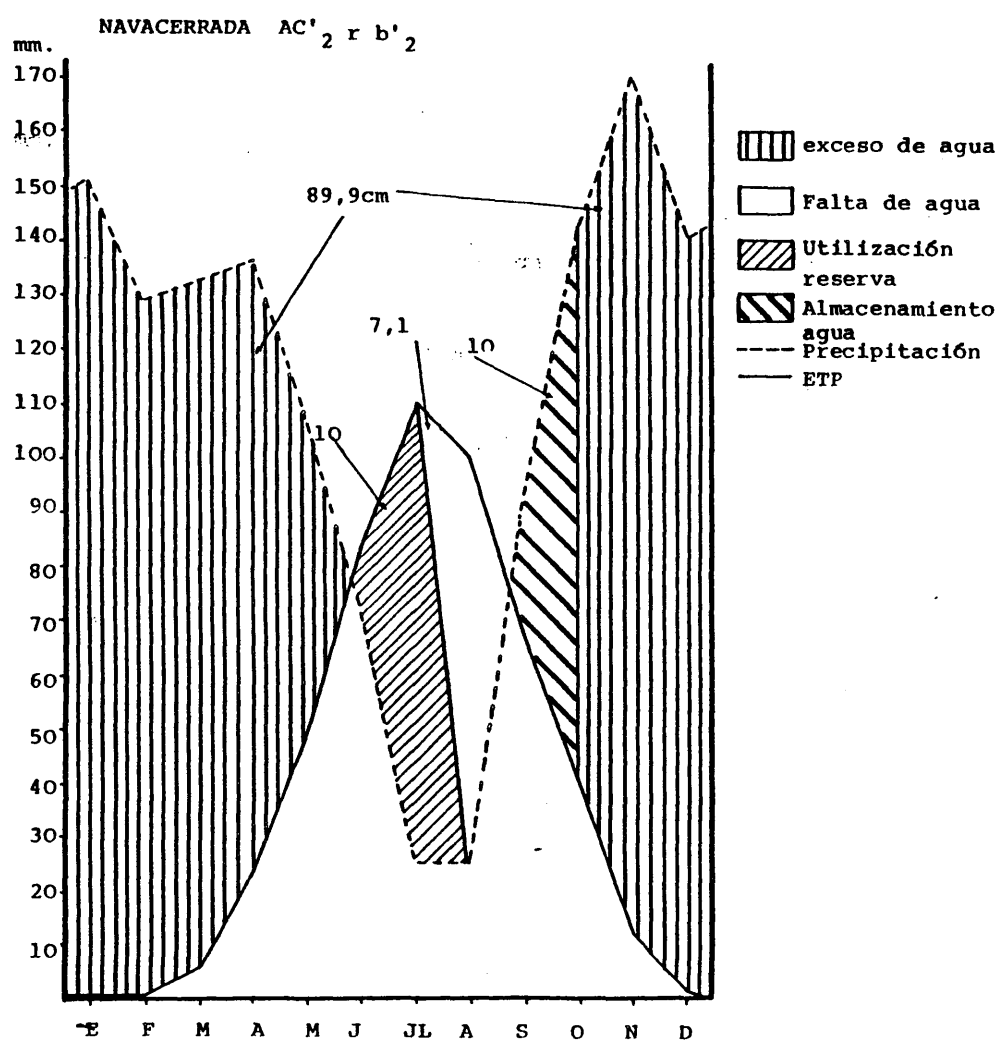
Temp. media en °C	-1,1	-0,7	1,1	3,4	6,8	11,9	16	15,6	11,8	7	2,2	0,2	6,2	T <sub>M</sub>
Precip. total mensual	15,11	12,9	13,2	13,6	10,9	7,3	2,5	2,5	9	14,3	17	14	132,3	
i	-	-	0,1	0,56	1,59	3,72	5,82	5,6	3,67	1,66	0,29	0,01	23,02	= I
e	0	0	0,24	0,7	1,3	2,2	2,9	2,8	2,2	1,4	0,5	0,1		
E T P	0	0	0,71	2,3	4,8	8,3	11	10	6,8	4	1,2	0,2	49,5	= C <sub>2</sub>
Concentración verano E T P								59,25 %						= b' 2
Reserva	10	10	10	10	10	9	0,5	0	2,2	10	10	10		
Variación reserva	0	0	0	0	0	-1	-8,5	-0,5	2,2	7,8	0	0		
E T P actual	0	0	0,71	2,3	4,8	8,3	11	2,81	6,8	4	1,2	0,2	42,1	
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	0	7,1	0	0	0	0	7,1	I <sub>a</sub> = 14,3
Exceso de agua	15,1	12,8	12,6	11,3	6,1	0	0	0	0	2,4	15,8	13,8	89,9	
Desague	14,4	13,9	12,7	11,9	8,7	3,33	0	0	0	1,2	9,2	14,8	89,9	
Coef. Hídrico	-	-	21	4,9	1,2	-0,1	-0,7	-0,7	0,3	2,5	13,1	69	110,5	

$$I_m = \frac{89,9 \cdot 100 - 60 \cdot 7,1}{49,5} = 173,01 = A \text{ perhúmedo}$$

$$E T R = 42,1$$

$$P = 132,3$$

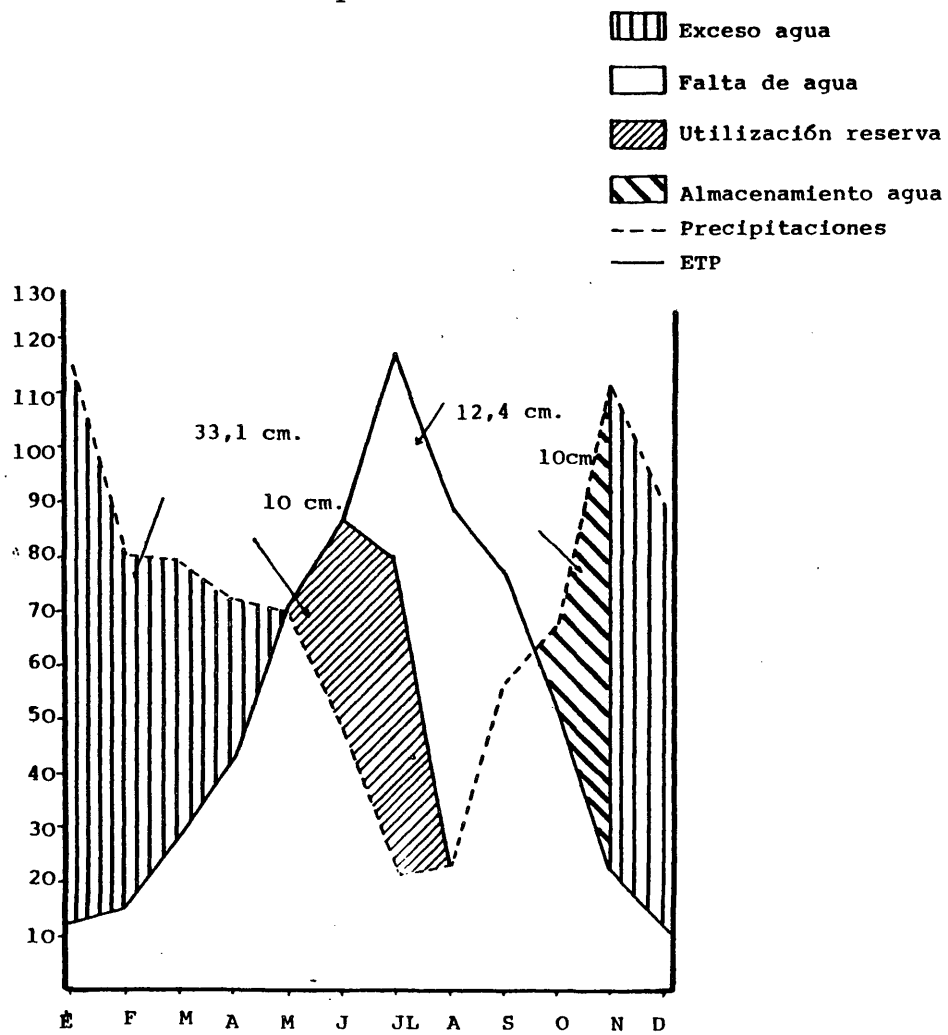
$$\text{Agua útil} = 90,2 \quad \text{Elaboración personal.}$$



Elaboración personal.

1.159 m.	3°53' W	40°53' N.	<u>RASCACRÍA</u> ( Lozoya)											
	<u>ENERO</u>	<u>FEBRERO</u>	<u>MARZO</u>	<u>ABRIL</u>	<u>MAYO</u>	<u>JUNIO</u>	<u>JULIO</u>	<u>AGOSTO</u>	<u>SEPTIEMBRE</u>	<u>OCTUBRE</u>	<u>NOVIEMBRE</u>	<u>DICIEMBRE</u>	<u>TOTAL</u>	
Temp. media °C	2,9	3,7	5,4	8	11,9	13,9	18,8	15	14,9	10,9	5,4	3,0	9,4 (1961-72)	
Precip. Total mensual	11,5	8	7,9	7,2	7	4,8	2,1	2,3	5,7	6,7	11,2	9	83,4 (1951-72)	
i	0,44	0,63	1,12	2,04	3,72	4,7	7,43	5,28	5,22	3,25	1,12	0,46	35,41 = I	
e	0,5	0,6	0,9	1,3	1,9	2,3	3,1	2,5	2,5	1,8	0,9	0,5		
E T P	1,2	1,5	2,8	4,3	7,1	8,7	11,8	8,9	7,8	5,2	2,2	1,2	62,7 =B' <sub>1</sub>	
Concentración verano E T P							46,88 %						46,88 % = a'	
Reserva	10	10	10	10	9,9	6	0	0	0	1,5	10	10		
Variación reserva	0	0	0	0	-0,1	-3,9	-6	0	0	1,5	8,5	0		
E T P actual	1,2	1,5	2,8	4,3	7,1	8,7	8,1	2,3	5,7	5,2	2,2	1,2	50,3	
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	3,7	6,6	2,1	0	0	0	12,4	
Exceso de agua	10,3	6,5	5,1	2,9	0	0	0	0	0	0	0,5	7,8	33,1	
Desague	9,05	8,4	5,8	4	1,45	0	0	0	0	0	0,25	4,15	33,1	
Coef. de humedad	8,5	4,3	1,8	0,6	-0,01	-0,4	-0,8	-0,7	-0,2	0,2	4	6,5	23,79	
$I_m = \frac{33,1 \cdot 100 - 60 \cdot 12,4}{62,8} = 40,9$														
$B_2$ Húmedo ; $I_a = 19,7 = S$ , falta moderada de agua en verano														
E T P = 50,3														
P = 83,4														
Agua útil = 33,1														
Elaboración personal.														
98														

RASCAFRIA B<sub>2</sub> B'<sub>1</sub> s a'



Elaboración personal. ~

1.105 m. 3°50' W 40°55' N.

ALAMEDA DEL VALLE (Lozoya)

ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE TOTAL

Temp. medias en °C.	1,3	3,4	5,5	8,8	12,6	15,5	18,9	19,3	15,7	11,1	6,6	2,6	10	(1963-73)
Precp. mensual (cm)	10,2	8,9	7,1	5,9	5,9	5,2	2,2	2	5	6,5	10,6	10	79,5	(1951-73)
i	0,13	0,56	1,16	2,35	4,05	5,55	7,49	7,73	5,65	3,34	1,52	0,37	39,9	= I
e	0,1	0,5	0,8	1,3	1,9	2,5	3,1	3,1	2,5	1,7	0,9	0,3		
E T P	0,2	1,2	2,5	4,3	7,1	9,5	11,8	11,1	7,8	4,9	2,2	0,7	63,3	= B', Húmedo
Concentración en verano E T P													51,18	%b' 4
Reserva	10	10	10	10	8,8	4,5	0	0	0	1,6	10	10		
Variación Reserva	0	0	0	0	-1,2	-4,3	-4,5	0	0	1,6	8,4	0		
E T P actual	0,2	1,2	2,5	4,3	7,1	9,5	6,7	2	5	4,9	2,2	0,7		
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	5,1	9,1	2,8	0	0	0	17	
Exceso de agua	10	7,7	4,6	1,6	0	0	0	0	0	0	0	9,3	33,2	
Desague	9,65	8,85	6,15	3,1	0,8	0	0	0	0	0	0	4,65	33,2	
Coef. Hídrico	50	6,4	1,84	0,37	-0,16	-0,45	-0,81	-0,82	-0,35	0,32	3,8	13,28	73,42	

$$I_m = \frac{33,2 \cdot 100 - 60 \cdot 17}{63,3} = 36,33 \quad B_1$$

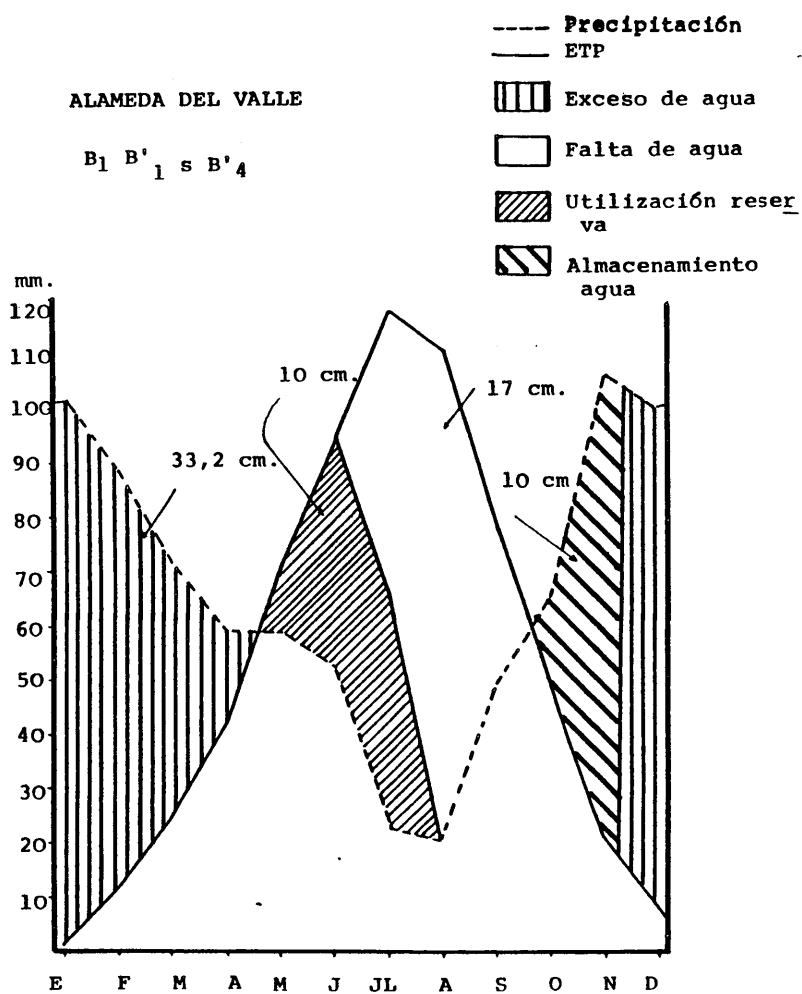
$$I_a = 26,85 = S$$

$$E T R = 46,3$$

$$P = 79,5$$

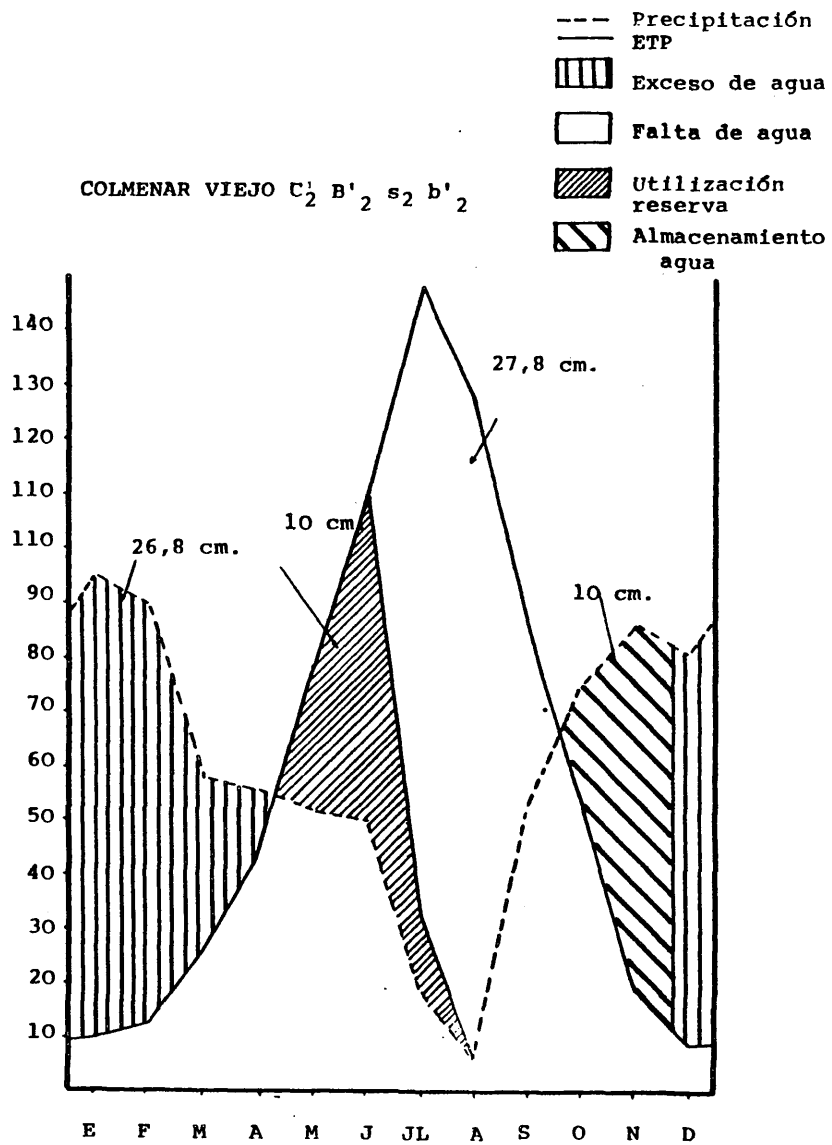
Agua útil = 33,2      Elaboración personal.





874 m.	3°46' W	40°40' N.	COLMENAR VIEJO ( Manzanares)												
			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Temp. media °C.	4	4,9	7	10,3	14,8	18,8	23,4	22,5	18,5	14	7,2	3,9	12,4	(1962-73)	
Precip. mensual (cm.)	9,5	9	5,8	5,6	5,2	5	1,9	0,6	5,2	7,5	8,6	8,1	72	(1962-73)	
i	0,71	0,97	1,66	2,99	5,17	7,43	10,35	9,75	7,25	4,75	1,75	0,69	53,47	= I	
e	0,4	0,5	0,8	1,3	2,1	2,9	3,9	3,6	2,8	1,9	0,8	0,4			
E T P	1	1,2	2,5	4,3	7,9	10,9	14,8	12,8	8,7	5,5	1,9	0,9	72,4	= B' 2	
Concentración							53,17 %						53,17	% b' 3	
verano E T P	10	10	10	10	7,3	1,4	0	0	0	2	8,7	10			
Reserva	0	0	0	0	-2,7	-5,9	-1,4	0	0	2	6,7	1,3	0		
Variación reserva	1	1,2	2,5	4,3	7,9	10,9	3,3	0,6	5,2	5,5	1,9	0,9			
E T P actual	0	0	0	0	0	0	11,5	12,2	3,5	0	0	0	27,2		
Falta de agua	8,5	7,8	3,3	1,3	0	0	0	0	0	0	0	5,9	26,8		
Exceso de agua	7,2	8,15	5,55	2,3	0,65	0	0	0	0	0	0	2,95	26,8		
Desague	8,5	6,5	1,3	0,3	-0,3	-0,5	-0,8	-0,9	-0,4	0,3	3,5	8	25,5		
Coef. Hídrico															
E T R = 45,2 cm.															
P = 72															
Agua útil = 26,8															
Elaboración personal.															

102.

COLMENAR VIEJO  $C_2$   $B'_2$   $s_2$   $b'_2$ 

Elaboración personal.

1.000 m. 3°34'W 40° 59' N MANGIRON ( Lozoya )

ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE TOTAL

Temp. media °C	3,2	3,8	6,2	9,2	13,1	17,3	21,5	20,6	16,8	12	6,6	4	11,3	(1951-73)
Precip. mensual	6,4	5,8	6,2	5,4	5,6	4,9	2	1,5	4,4	6,8	7,9	6,6	63,4	" "
i	0,51	0,66	1,39	2,52	4,3	6,55	9,1	8,53	6,26	3,76	1,52	0,71	45,81	
e	0,4	0,5	0,8	1,3	1,9	2,7	3,5	3,2	2,6	1,7	0,8	0,5		
E T P	1	1,2	2,5	4,3	7,1	10,2	13,3	11,4	8,1	4,9	2	1,2	67,2 B' 1	
Concentración verano E T P							51,93 %						51,93 % b' 3	
Reserva	10	10	10	10	8,5	3,2	0	0	0	1,9	7,8	10		
Variación R.	0	0	0	0	-1,5	-5,3	-3,2	0	0	1,9	5,9	2,2		
E T P actual	1	1,2	2,5	4,3	7,1	10,2	5,2	1,5	4,4	4,9	2	1,2	45,5	
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	8,1	9,9	3,7	0	0	0	21,7	
Exceso de agua	5,4	4,6	3,7	1,1	0	0	0	0	0	0	0	3,2	18	
Desague	4,3	5	4,15	2,4	0,55	0	0	0	0	0	0	1,6	18	
Coef. Hídrico	5,4	3,8	1,5'	0,2	-0,2	-0,5	-0,8	-0,8	-0,4	1,4	2,3	2,3	14,2	

$$I_m = \frac{18 \cdot 100 - 60 \cdot 21,7}{67,2} = 7,41 \quad C_2 \text{ Subnúmero} \quad I_a = 32,29 : S \text{ falta moderada en verano.}$$

$$E T R = 45,5$$

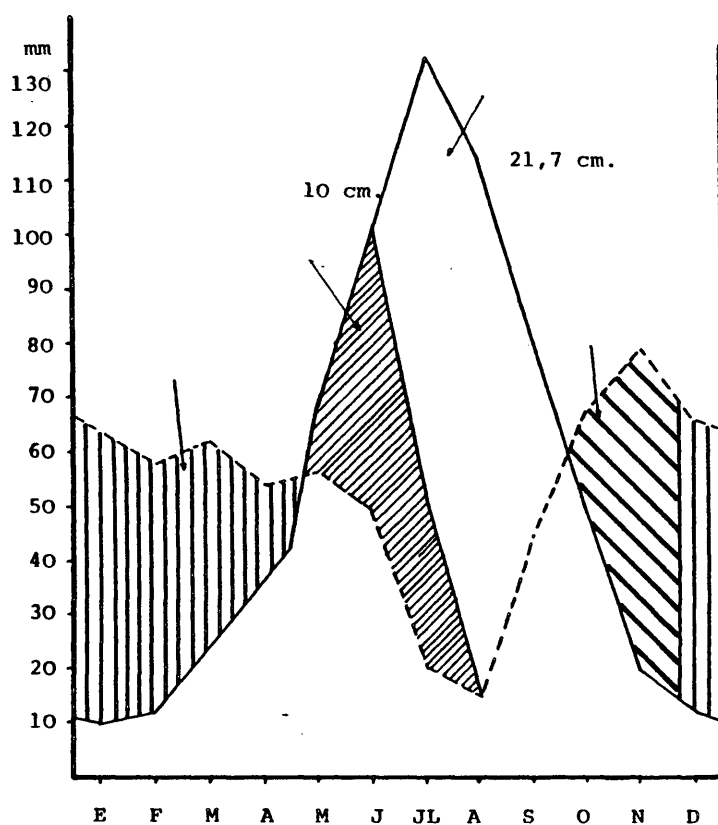
$$P = 63,4$$

$$\text{Agua útil} = 17,9$$

Elaboración personal.

MANGIRON C<sub>2</sub> B'<sub>1s</sub> b'<sub>3</sub>

- Precipitación  
 — ETP  
 ▨ Exceso de agua  
 □ Falta de agua  
 ▩ Utilización reserva  
 ▤ Almacenamiento agua



Elaboración personal.

1.022 m. 3°39' W 40°59' N.

BUITRAGO (Presa de Riosequillo) (Lozoya)

ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE TOTAL

Temp. media °C.	3,4	3,5	5,6	8,2	12,2	16	20,4	19,6	16,4	11,6	6,2	3,6	10,5	(1954-73)
Precip. total mensual	8,5	8	8,1	6,2	9,2	7,3	1,7	1,9	4,4	7,1	12	7,5	81,9	" "
i	0,56	0,58	1,19	2,12	3,86	5,82	8,22	7,91	6,04	3,58	1,39	0,61	41,88	= I
e	0,5	0,5	0,7	1,2	1,8	2,5	3,2	3,1	2,6	1,7	0,8	0,5		
E T P	1,2	1,2	2,2	4	6,8	9,4	12,2	11,1	8,2	4,9	2	1,2	64,4	= B ;
Concentración verano														
E T P														50,77 % = b' 4
Reserva	10	10	10	10	10	7,9	0	0	0	2,2	10	10		
Variación reserva	0	0	0	0	0	-2,1	-7,9	0	0	2,2	7,8	0		
E T P actual	1,2	1,2	2,2	4	6,8	9,4	9,6	1,9	4,4	4,9	2	1,2	48,8	
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	2,6	9,2	3,8	0	0	0	15,6	
Exceso de agua	7,3	6,8	5,9	2,2	2,4	0	0	0	0	0	2,2	6,3	33,1	
Desague	6,8	7,05	6,35	4,05	2,3	1,2	0	0	0	0	1,1	4,25	33,1	
Coef. Hídrico	6	5,6	2,6	0,5	0,3	-0,2	-0,8	-0,8	-0,4	0,4	5	5,2	23,4	

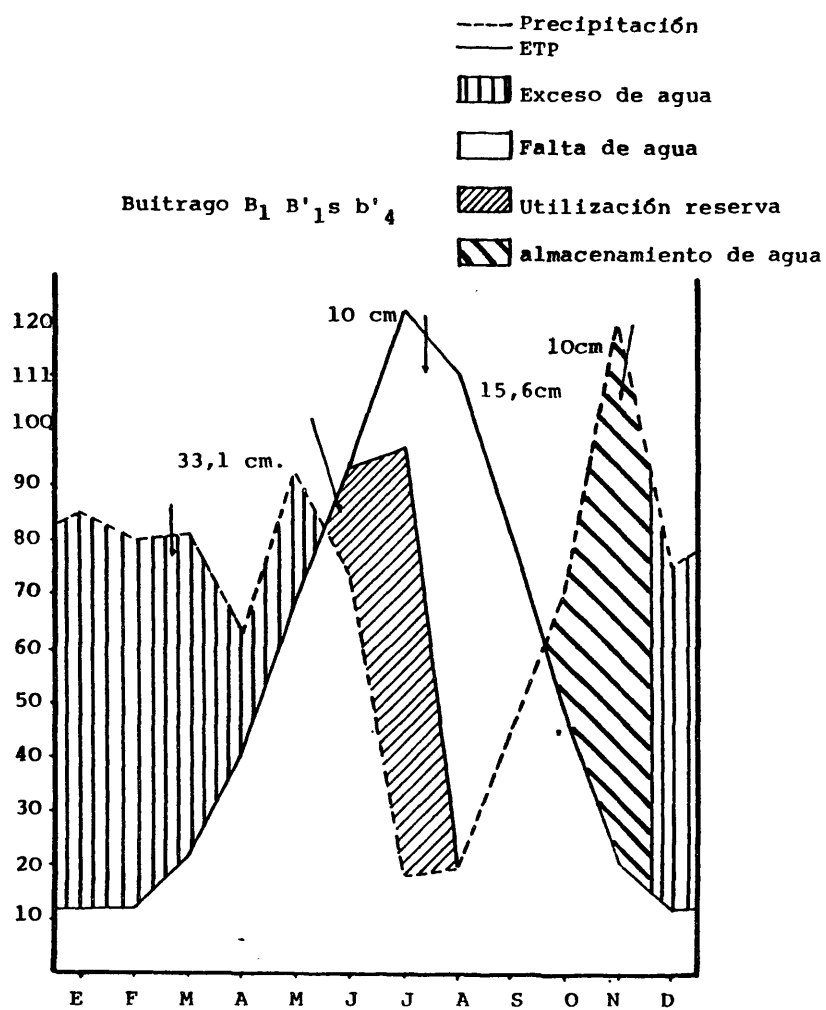
$$I_m = \frac{33,1 \cdot 100 - 60 \cdot 15,6}{64,4} = 36,86$$
 B Húmedo ;  $I_a = 24,22 = S$  falta moderada de agua en verano

$$E T R = 48,8$$

$$P = 81,9$$

$$\text{Agua útil} = 33,1$$

Elaboración personal.



Elaboración personal.

ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE TOTAL

Temp. media en °C.	3,8	5,4	7,9	10,9	15,9	21	22,6	19,9	17,2	12,9	6,6	4,2	12,5 (1956-65)
Precip. mensual (cm.)	5	6,6	6,7	5,8	5,2	5,9	0,8	2	4,4	8,8	8,6	7,2	67 (1954-64)
i	0,66	1,12	2	3,25	5,76	8,78	9,82	8,10	6,49	4,2	1,52	0,77	52,47
e	0,4	0,6	1	1,4	2,3	3,3	3,6	3,1	2,6	1,8	0,7	0,4	
E T P	1	1,5	3,1	4,7	8,6	12,5	13,7	11,1	8,1	5,2	1,7	1	72,2 B' 2
Concentración verano E T P							51,66 %						51,66 % b' 4
Reserva	10	10	10	10	6,6	0	0	0	0	3,6	10	10	
Variación reserva	0	0	0	0	-3,4	-6,6	0	0	0	3,6	6,4	0	
E T P actual	1	1,5	3,1	4,7	8,6	12,5	0,8	2	4,4	5,2	1,7	1	46,5
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	12,9	9,1	3,7	0	0	0	25,7
Exceso de agua	4	5,1	3,6	1,1	0	0	0	0	0	0	0,5	6,2	20,5
Desague	5,1	4,55	4,35	2,35	0,55	0	0	0	0	0	0,25	3,35	20,5
Coef. Hídrico	4	3,4	1,1	0,2	-0,4	-0,5	-0,9	-0,8	-0,4	0,6	4	6,2	16,5

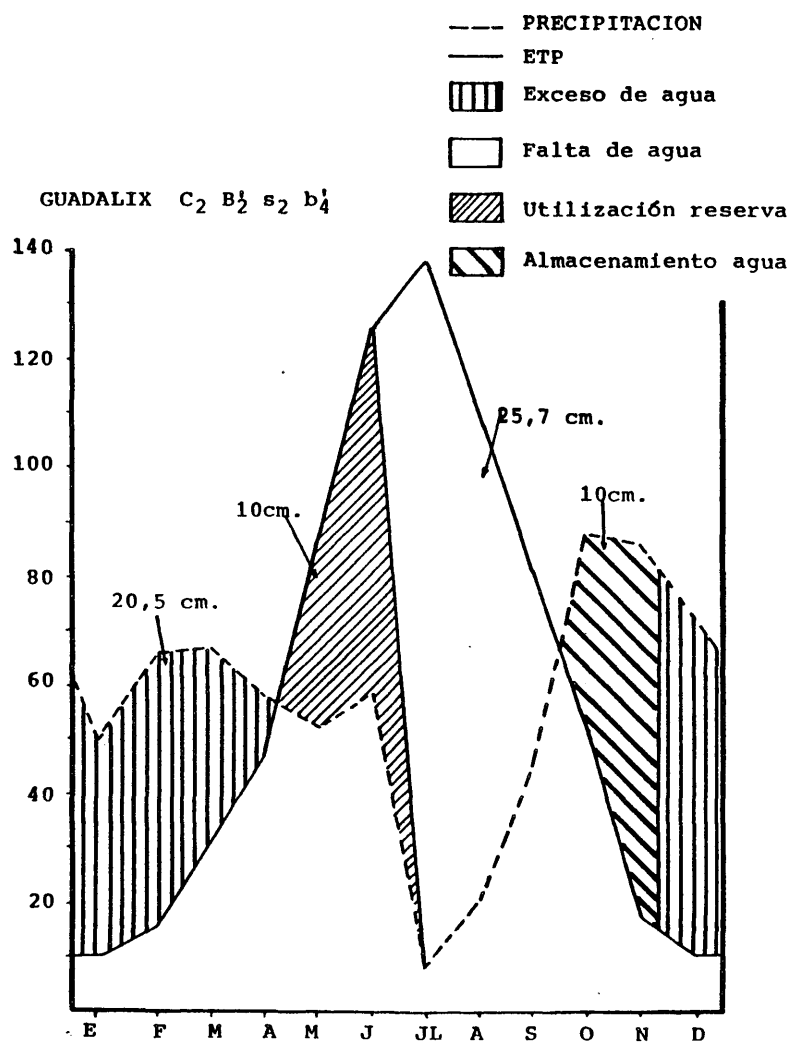
$$I = \frac{20,5 \cdot 100 - 60 \cdot 25,7}{72,2} = 7,03 \quad C_2 \text{ Subhúmedo} \quad ; \quad I_a = 35,59 \quad ; \quad S_2 \text{ gran falta de agua en verano}$$

$$E T P = 46,5$$

$$P = 67$$

Agua útil = 20,5 Elaboración personal.





Elaboración personal.

960 m. 3°53' W 40°42' N.

BOALO ( Manzanares)

ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE TOTAL

Temp. media °C.	2,3	3,1	5,9	9,4	12,8	17,7	23,1	22	17,9	17,8	6,7	2,6	11,4	8 años
Precip. mensual (cm.)	8,4	9,7	7,9	5,8	8,3	3,7	1,8	1,3	6,3	9,5	10,0	8,9	81,6	8 años
i	0,31	0,48	1,29	2,6	4,15	6,78	10,15	9,42	6,9	4,15	1,56	0,37	48,16	
e	0,2	0,3	0,7	1,3	1,8	2,8	3,8	3,6	2,8	1,8	0,8	0,3		
E T P	0,5	0,7	2,1	4,3	6,7	10,5	14,4	12,7	8,7	5,2	2	0,7	68,5	
Concentración ve-														
rano E T P														54,9 %
Reserva	10	10	10	10	10	3,2	0	0	0	4,3	10	10		
Variación reserva	0	0	0	0	0	-6,8	-3,2	0	0	4,3	5,7	0		
E T P actual	0,5	0,7	2,1	4,13	6,7	10,5	5,0	1,3	6,3	5,2	2	0,7	45,3	
Falta de agua	0	0	0	0	0	0	9,4	11,4	2,4	0	0	0	23,2	
Exceso de agua	7,9	9	5,8	1,5	1,6	0	0	0	0	0	2,3	8,2	36,3	
Desague	6,3	7,6	6,7	4,1	2,9	1,4	1,4	0	0	0	1,2	4,7	36,3	
Coef. Hídrico	15,8	12,8	2,7	0,31	0,2	-0,6	-0,8	-0,8	-0,2	0,8	4	11,7		

E T R = 45,3

P = 81,6

Agua útil = 36,3 tres meses de sequía.

Elaboración personal.



BIBLIOTECA

C. 908 m. 3°51' W 40°43' N.

SANTILLANA (embalse) río Manzanares

ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE TOTAL

Temp. media °C. 3,4 4,3 6 9,9 13,5 18,8 24,1 23,2 18,9 13,5 6,9 2,7 12,1 8 años

Precip. mensual (cm.) 7,8 7,6 7,4 5,7 5,5 4,7 1,3 1,2 5,8 8,1 8,6 7,9 71,6 26 años

i 0,56 0,8 1,32 2,81 4,5 7,43 10,82 10,21 7,49 4,5 1,63 0,39 52,46= I

e 0,3 0,4 0,7 1,3 1,9 2,9 3,9 3,8 2,9 1,9 0,8 0,3

E T P 0,7 1 2,1 4,3 7,1 11 14,8 13,5 9 5,4 1,9 0,7 71,5

Concentración

verano E T P

39,3 %

54,96 %

Reserva

10 10 10 10 8,4 2,1 0 0 0 2,7 9,4 10

Variación reserva

0 0 0 0 -1,6 -6,3 -2,1 0 0 2,7 6,7 3,3

E T P actual

0,7 1 2,1 4,3 7,1 11 3,4 1,2 5,8 5,4 1,9 0,7 45

Falta de agua

0 0 0 0 0 0 11,4 12,3 3,2 0 0 0 26,9

Exceso de agua

7,1 6,6 5,3 1,4 0 0 0 0 0 0 0 6,6 27

Desague

5,2 5,9 5,55 3,5 1,75 0,81 0,4 0,4 0,2 0 0 3,3 27

Coef. Hídrico

10,1 6,6 2,5 0,3 -0,2 -0,5 -0,9 =0,9 -0,3 0,5 3,5 10,2

E T P actual= E T R = 45 cm.

P = 71,6 cm.

Agua útil = 26,6 ; tres meses de sequía.

Elaboración personal.

917 m. 3°59' W 40°39' N.

VILLALBA (Guadarrama)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Temp. media °C.	5,2	6,6	8,1	11,7	16,4	20,6	24,7	23,8	20,7	13,7	7,5	4,7	13,6
Precip. mensual (cm)	6,0	7,5	5,4	5,4	5,1	5,1	0,9	1,8	6,0	8,1	6,7	7,3	65,3
i	1,06	1,52	2,08	3,62	6,04	8,53	11,2	10,62	9,23	4,6	1,85	0,91	61,79 = I
e	0,4	0,6	0,8	1,4	2,3	3,2	4	3,8	3,1	1,7	0,7	0,3	
E T P	1	1,5	2,4	4,6	8,5	12	15,2	13,4	9,6	4,9	1,7	0,7	75,5
Concentración							40,6 %						53,7 %
Verano E T P													
Reserva	10	10	10	10	6,6	0	0	0	0	3,2	8,2	10	
Variación reserva	0	0	0	0	-3,4	-6,6	0	0	0	3,2	5	1,8	
E T P actual	1	1,5	2,4	4,6	8,5	11,7	0,9	1,8	6	4,9	1,7	0,3	45,3
Falta de agua	0	0	0	0	0	0,3	14,3	11,6	3,6	0	0	0	29,8
Exceso de agua	5	6	3	0,8	0	0	0	0	0	0	0	4,8	19,6
Desague	3,7	4,8	3,9	2,4	1,2	1,2	0	0	0	0	0	2,4	19,6
Coef. Hídrico	5	4	1,21	0,1	-0,4	-0,5	-0,9	-0,8	-0,3	0,6	2,9	9,4	

E T P actual = 45,3

P = 65,3

Agua útil = 20

Elaboración personal.

CANDELEDA. - Ficha climática

Latitud: 402 09' N      Longitud: 12 33' W (°)      Altitud: 430 m.      Tipo climático: B<sub>1</sub> B<sub>3</sub> s<sub>2</sub> b<sub>4</sub>'

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Año
Temperatura media	7,6	8,4	11,2	14,2	18,1	22,2	26,0	25,4	22,2	17,2	10,8	7,0	15,9
Evapotranspiración potencial mm.	14	17	33	54	93	128	167	147	106	62	25	12	858
Precipitación med. mm.	162	134	110	76	79	41	6	7	42	107	121	118	1.005
Variación reserva	0	0	0	0	-14	-86	0	0	0	45	55	0	
Reserva	100	100	100	100	86	0	0	0	0	45	100	100	
Evapotranspiración real	14	17	33	54	93	127	6	7	42	62	25	12	492
Déficit de agua	0	0	0	0	0	1	161	140	64	0	0	0	366
Superávit de agua	143	117	77	22	0	0	0	0	0	0	41	106	511
Desagüe	105,8	111,5	94,3	58,1	29,1	14,6	7,3	3,7	1,9	1,0	21,0	63,5	511
Coefficiente humedad	10,57	6,88	2,33	0,40	-0,15	-0,93	-0,96	-0,95	-0,60	0,58	3,84	3,83	

I<sub>n</sub> = 59,6      I<sub>a</sub> = 42,6      I<sub>m</sub> = 34,0      Concentración en verano = 51,5 %.

Fuente: Laborde Rodriguez

- PANTANO DE ROSARIO.- Ficha climática.

Latitud: 40° 06' N      Longitud: 12° 38' W      Altitud: 300 m.      Tipo climático: B<sub>1</sub> B<sub>3</sub> s<sub>2</sub> b<sub>3</sub>

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Año
Temperatura media	7,6	8,6	11,2	14,6	18,9	22,9	27,1	27,0	22,9	17,9	11,0	6,9	16,4
Evapotranspiración potencial mm.	12	16	32	53	95	131	177	165	109	67	25	11	893
Precipitación med. mm.	164	130	111	74	84	38	8	7	45	92	136	101	990
Variación reserva	0	0	0	0	-11	-89	0	0	0	25	75	0	0
Reserva	100	100	100	100	89	0	0	0	0	25	100	100	0
Evapotranspiración real	12	16	32	53	95	127	8	7	45	67	25	11	498
Déficit de agua	0	0	0	0	0	4	169	158	64	0	0	0	395
Superávit de agua	152	114	79	21	0	0	0	0	0	0	36	90	492
Desagüe	103,1	108,5	93,7	57,4	28,7	14,3	7,2	3,6	1,8	0,9	18,4	54,2	492
Coefficiente humedad	12,67	7,13	2,47	0,40	-0,12	-0,71	-0,95	-0,96	-0,59	0,37	4,44	8,18	0

Ih = 55,1      Ia = 44,2      Im = 28,5      Concentración en verano = 53,0

Fuente: Laborde Rodríguez

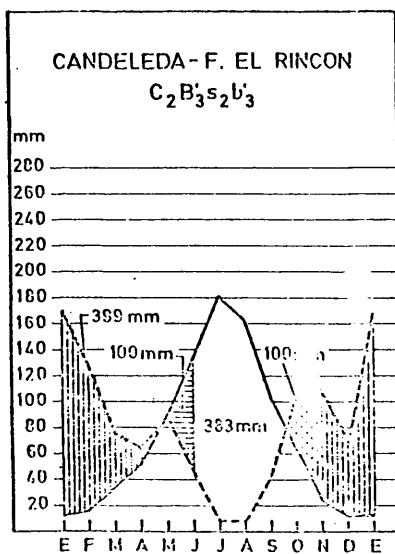
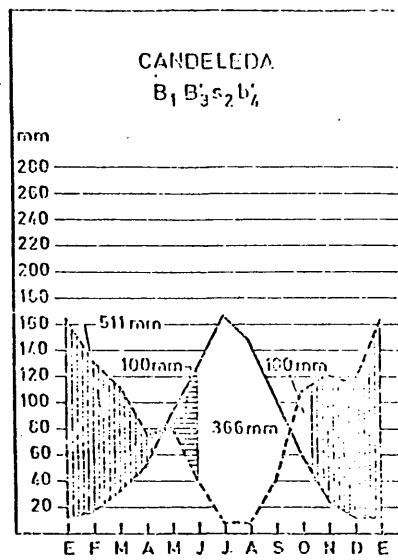
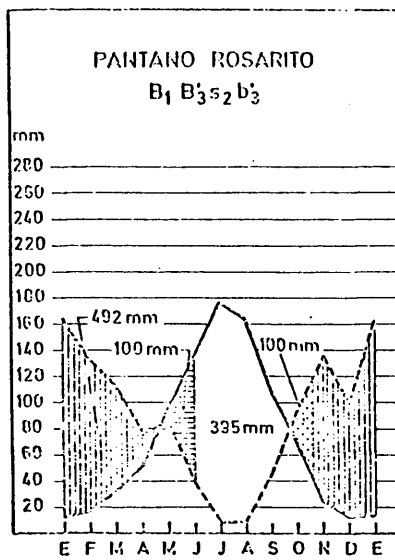
CANDELEDA - F. EL RINCON. - Ficha climática

Latitud: 40° 07' N      Longitud: 1° 30' W      Altitud: 340 m.      Tipo climático: C<sub>2</sub> B<sub>3</sub> s<sub>2</sub> b<sub>3</sub>'

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Año
Temperatura media	7,0	8,4	11,1	14,5	18,0	23,1	27,7	27,2	22,6	17,7	11,0	6,4	16,2
Evapotranspiración potencia mm.	12	16	31	53	87	131	180	165	106	65	25	10	881
Precipitación med. mm.	167	129	74	65	87	42	6	10	4	99	109	68	897
Variación reserva	0	0	0	0	0	-89	-11	0	0	34	66	0	
Reserva	100	100	100	100	100	11	0	0	0	34	100	100	
Evapotranspiración real	12	16	31	53	87	131	17	10	41	65	25	10	498
Déficit de agua	0	0	0	0	0	0	163	155	65	0	0	0	383
Superávit de agua	155	113	43	12	0	0	0	0	0	0	18	58	399
Desagüe	94,3	103,7	73,3	42,7	21,3	10,7	5,3	2,7	1,3	0,7	9,3	33,7	399
Coefficiente humedad	12,91	7,06	1,39	0,23	0	-0,68	-0,97	-0,94	-0,61	0,52	3,36	5,8	

Ih = 45,3      Ia = 43,5      Im = 19,2      Concentración en verano = 54,0  
Fuente: Laborde Rodríguez

DIAGRAMAS CLIMATICOS  
(según THORNTHWAITE)



- Evapotranspiración potencial
- - - - - Precipitación
- ▨ Exceso de agua
- ▤ Utilización del agua del suelo
- Deficit de agua
- ▦ Almacenamiento de agua en el suelo

Fuente: Laborde Rodríguez



ARENAS DE SAN PEDRO. - Ficha climática

Latitud: 40° 13' N      Longitud: 19 24' W      Altitud: 510 m.      Tipo climático: A<sub>1</sub> B' s b'<sub>3</sub>

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Año
Temperatura media	5,1	6,8	8,9	12,5	17,3	21,1	24,5	23,7	20,1	14,7	8,5	4,9	14,0
Evapotranspiración potencial mm.	10	15	28	50	89	120	152	136	94	55	21	9	77,2
Precipitación med. mm.	249	210	167	114	107	69	9	14	64	162	221	185	1571
Variación reserva	0	0	0	0	0	-51	-94	0	0	100	0	0	
Reserva	100	100	100	100	100	49	0	0	0	100	100	100	
Evapotranspiración real	10	15	28	50	89	120	103	14	64	55	21	9	578
Déficit de agua	0	0	0	0	0	0	49	122	30	0	0	0	201
Superávit de agua	239	195	139	64	18	0	0	0	0	7	200	176	1038
Desagüe	189,2	192,1	165,5	114,8	66,4	33,2	16,6	8,3	4,1	5,6	102,8	139,4	1038
Coefficiente humedad	23,90	13,0	4,96	1,28	0,20	-0,42	-0,94	-0,90	-0,32	1,95	9,52	19,56	

Jh = 133,2      Ia = 25,8      Im = 117,7      Concentración en verano = 52,4 %.

Fuente: Laborde Rodríguez

SOTILLO DE LA ADRADA. - Ficha climática

Latitud: 40° 18' N      Longitud: 02° 54' W      Altitud: 637 m.      Tipo climático: C<sub>2</sub> B' s<sub>2</sub> b'<sub>4</sub>

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Año
Temperatura media	6,3	7,6	9,0	13,2	15,6	19,9	24,9	24,3	18,6	19,6	10,1	6,2	14,3
Evapotranspiración													
potencial en mm:	12	16	28	52	74	111	159	140	83	82	26	12	795
Precipitación med. mm.	138	119	81	69	74	42	7	8	40	83	113	69	842
Variación reserva	0	0	0	0	0	-69	-31	0	0	1	87	22	
Reserva	100	100	100	100	100	31	0	0	0	1	88	100	
Evapotranspiración													
real	12	16	28	52	74	111	38	8	40	82	26	12	499
Déficit de agua	0	0	0	0	0	0	121	132	43	0	0	0	296
Superavit de agua	126	103	53	17	0	0	0	0	0	0	0	35	334
Desagüe	71,8	87,4	70,2	43,7	21,8	10,9	5,4	2,7	1,4	0,7	0,3	17,7	334
Coefficiente humedad	10,50	6,44	1,89	0,33	0,0	-0,62	-0,96	-0,94	-0,52	0,01	3,35	4,75	

Ih = 42,0      Ia = 37,2      Im = 19,7      Concentración en verano = 51,6

Fuente: Laborde Rodríguez

LA ADRADA.- Ficha climática

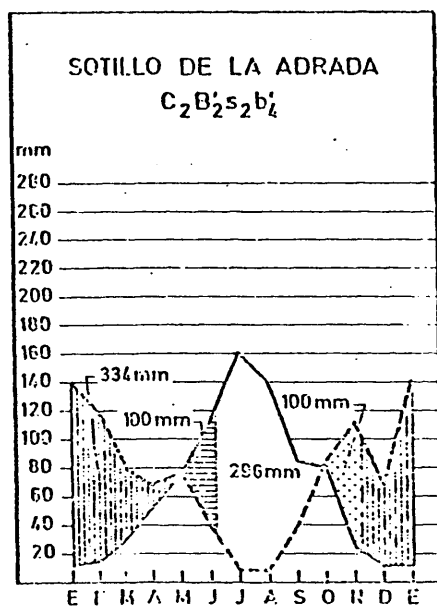
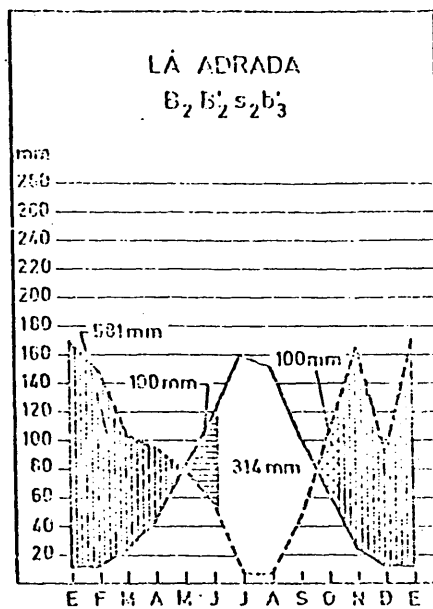
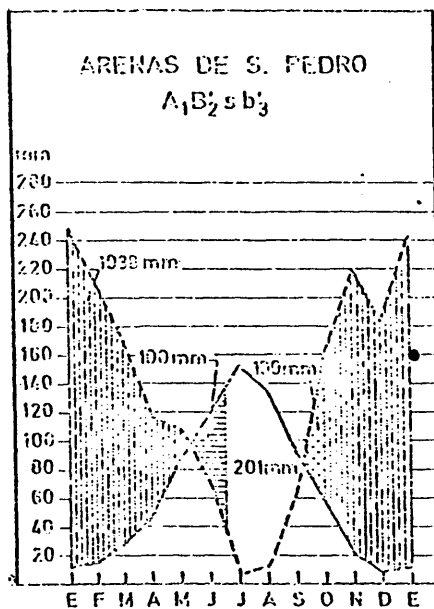
Latitud: 40° 18' N      Longitud: 02° 57' W      Altitud: 1.000 m.      Tipo climático: B<sub>2</sub> B<sub>2</sub>' s<sub>2</sub> b<sub>2</sub>'

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Año
Temperatura media	5,5	6,6	8,6	12,1	16,2	20,6	25,6	26,0	21,8	16,7	9,8	5,5	14,6
Evapotranspiración potencial mm.	10	13	25	44	81	115	159	153	104	64	24	10	802
Precipitación med. mm.	167	128	103	94	80	56	9	8	45	100	166	93	1069
Variación reserva	0	0	0	0	-1	-59	-40	0	0	36	64	0	0
Reserva	100	100	100	100	99	40	0	0	0	36	100	100	100
Evapotranspiración real	10	13	25	44	81	115	49	8	45	64	24	10	488
Déficit de agua	0	0	0	0	0	0	110	145	59	0	0	0	314
Superávit de agua	157	135	78	50	0	0	0	0	0	0	78	83	581
Desgüe	109,1	122,0	100,0	75,0	37,5	18,7	9,4	4,7	2,3	1,2	39,6	61,3	581
Coefficiente humedad	15,70	10,38	3,12	1,14	-0,01	-0,51	-0,94	-0,95	-0,76	0,56	5,92	8,30	

Ih = 72,4      Ia = 39,2      Im = 48,9      Concentración en verano = 53,2 %.

Fuente: Laborde Rodríguez

DIAGRAMAS CLIMATICOS  
(según THORNTWAKE)



- Evapotranspiración potencial
- - - - - Precipitación
- Exceso de agua
- Utilización del agua del suelo
- Deficit de agua
- Almacenamiento de agua en el suelo

Fuente: Laborde Rodríguez

Cálculos de Agua útil (valor teórico) realizados por Jesús Muñoz, para las cuencas de los ríos que abastecen de agua Madrid.

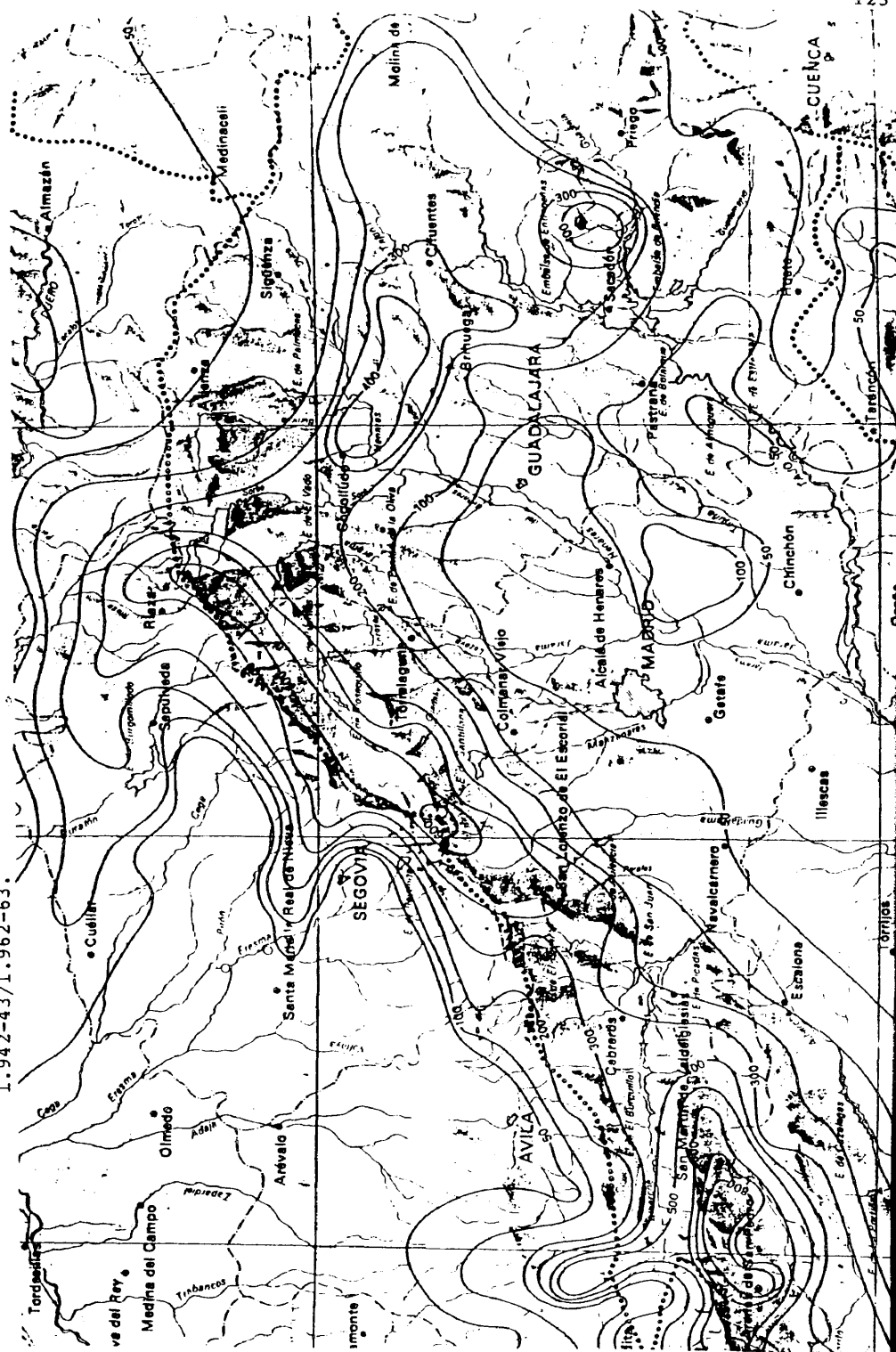
<u>CUENCA</u>	<u>ESTACION</u>	<u>P mm.</u>	<u>E T R m.</u>	<u>AGUA UTIL</u>
Río Sorbe	Condemios de Avila	798	388	409
	* Cogolludo	587	406	181
Río Jarama	El Vado	861	513	348
"	Talamanca	543	429	114
"	Montejo	724	450	274
Río Lozoya	Navacerrada	1.323	421	902
"	Rascafría	834	503	331
"	Alameda del Valle	795	463	332
"	Buitrago	819	488	331
"	Mangirón	634	455	179
Río Guadalix	Guadalix	670	465	205
Río Manzanares	Boalo	816	453	363
"	Santillana	716	450	266
"	Colmenar Viejo	720	452	268
Río Guadarrama	Villalba	653	453	200
"	Navacerrada	1.323	421	902
Río Alberche	El Tiemblo	912	477	435
"	Peguerinos	826	412	414
"	San Martín de la Vega	581	390	191
Río Tietar	Candeleda	1.005	492	513
"	Embalse Rosarito	990	498	492
"	Finca El Rincón	897	498	399
"	Arenas de San Pedro	1.571	578	993
"	La Adrada	1.069	488	581
"	Sotillo de Adrada	842	499	343

- \* Cogolludo no está en la cuenca del Sorbe pero dista pocos kilómetros.

- Fuente; LABORDE RODRIGUEZ, E: Estudio sobre protección de cultivos. Inst. Edafología y Biología Vegetal. Madrid, 1976.

COPLACO: Climatología Básica de la Subregión de Madrid. M.O.P.U. Madrid, 1979.

Fuente: Mapa Hidrogeológico Nacional. Memoria IGME. Madrid, 1.972. (Mapa de Lluvia Útil, datos 1.942-43/1.962-63.



Como se puede apreciar los datos de E T R y agua útil calculados por mí no coinciden con los del mapa de lluvia útil del Mapa Hidrogeológico Nacional; 1º) Por que las series temporales utilizadas son distintas.

2º) Por que los autores del mapa para trazar las isolíneas han extrapolado los valores de las estaciones.

3º) Por que en algunas cuencas las estaciones supongo que serán distintas.

4º) Por que han utilizado estaciones pluviométricas, además de las termopluviométricas; y yo solo he utilizado las termopluviométricas.

Con todo las aproximaciones resultan interesantes y coincidentes en los siguientes puntos:

En la cabecera del Sorbe los valores superan los 400 mm., mientras que aguas abajo se sitúan entorno a 200, yo he calculado 400 mm. en la cabecera y 181 en un interfluvio del Valle.

En el Valle del Lozoya, yo calculo valores más altos en la cabecera (Navacerrada) y sensiblemente más bajos en el Valle, para el mapa de lluvia útil, los valores resultan más homogéneos por la extrapolación.

En la cuenca del Jarama, El Vado tiene, para mí, 348 mm., para el mapa de lluvia útil entre 200 y 400, así como en la estación de Montejo que tiene 274 para mí y entre 200 y 400 para el mapa.

En los ríos Guadalix, Manzanares y Guadarrama, existe casi total coincidencia.

El río Alberche, tiene valores más bajos en el mapa



que en mis datos, mientras que en el Valle del Tietar los valores se aproximan bastantes.

Tengase en cuenta, que los valores de E T R Y Agua útil en las dos series son valores calculados, que no tienen por qué coincidir con los datos, que veremos más adelante, sobre agua circulante en cada una de las cuencas, ya que, estos últimos valores son reales medidos por aforadores y mientras que en los primeros son valores teóricos, con todo son bastante aproximados.

Notas 1.3.

- (1) HUETZ DE LEMPS, A.M.: Les grandes Villes du Monde: Madrid. Op. cit pag 27.
- (2) GARCIA DE PEDRAZA, L, ELIAS CASTILLO, F. y RUIZ BELTRAN, L.: Estudio Agroclimático y sinóptico de la provincia de Madrid. En Avances en Bioclimatología. Centro de Edafología de Salamanca. Salamanca. Dic 1979, pag 57-58.
- (3) COPLACO: Climatología Básica de la Subregión de Madrid. M.O.P.U. Madrid 1979, pag 257
- (4) GANDALLO, J.M., SANCHEZ-PALOMARES, O. y GONZALEZ ALONSO, S.: Contribución al estudio ecológico de la Sierra de Guadarrama. Annales de I.N.I. A. nº 2 Agricultura. Madrid. 1976. pag. 29.
- (5) MAPA HIDROGEOLOGICO NACIONAL: Mapa de lluvia útil. Memoria I.G.M.E. Tomo 81. Madrid, 1973. pag. 14 y 53.
- (6) Los datos están tomados de:  
CHICHARRO FERNANDEZ, E.: El piedemonte de Somosierra. Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Madrid 1975. pag. 248-355.  
  
ALONSO FERNANDEZ, J.: Guadalajara. El Territorio y los Hombres. I.G.A. C.S.I.C. Madrid 1976. pag. 37 y 55.  
  
COPLACO: Climatología Básica, op. cit. 2 pag.  
  
LABORDE RODRIGUEZ, E.: Estudio sobre protección de cultivos. Inst. de Edafología y Biología

Vegetal. Madrid, 1976. Anexo IV.

- (7) Par realizar los gráficos y calculos del E T P actual . E T R he utilizado la bibliografía siguiente:

ELIAS CASTILLO, F. y GIMENEZ ORTIZ, A.: Evapotranspiración potencial y balances de agua en España. D.G.A. Mº Agricultura. Madrid 1965.

GONZALEZ BERNALDEZ, F.: Métodos en uso y su aplicación para el cálculo de la evapotranspiración. C.E. Hidrográficos. M.O.P. Madrid, 1960.

TAMES, C.: Bosquejo del clima de España según la clasificación de C.W. Thornthwaite. I.N.I. investigaciones Agrarias. Vol. IX. nº 20. Mº Agricultura. Madrid, 1957. pag 49-123.

#### 1. 4. Hidrografía.

El Canal de Isabel II cuenta con un sistema hidráulico muy complejo par abastecer de agua a Madrid y su área metropolitana.

La mayor parte de los ríos transcurren por la provincia, salvo el Sorbe que lo hace por la de Guadalajara, siendo el principal afluente del Henares (1). Nace en Ayllón aunque su cuenca drena parte de Somosierra. Es embalsado por el Pozo de los Ramos y en la presa de Beleña. El Canal de Isabel II tiene en este río una concesión de 100 Hm<sup>3</sup>/ año (2), ya que el resto de las aguas sirven para abastecer, entre otros, los municipios de Guadalajara y Alcalá de Henares.

El río Jarama nace en Somosierra, se interna en la provincia de Madrid, para, con posterioridad, formar la divisoria con Guadalajara y penetra definitivamente en nuestra provincia hasta su desembocadura en Aranjuez, sus afluentes principales en su tramo alto son el Lozoya, Berbelleo, Jaramilla y Arroyo de Gústar.

El Lozoya es sin duda el río más importante de todo el sistema de abastecimiento madrileño. Su nacimiento (3) tienen diversas interpretaciones. La más generalizada es la que lo sitúa en la laguna de Peñalara. Sin embargo, la mayor extensión de la cuenca del arroyo Guarramillas, su mayor longitud y su mayor caudal en el momento de confluir en el curso que procede de la laguna, condiciona, bajo un punto de vista hidrográfico, identificar el río Lozoya, con dicho arroyo, como de hecho reconoce la Confederación Hidrográfica del Tajo, reservando el nombre de Peñalara para el arroyo que nace

en la laguna, como figura en las cartografías de uso reconocido. En la confluencia del Peñalara y el Guarramillas, toma el nombre de Angostura, que conserva hasta el embalse de Pinilla, después toma el de Lozoya, hasta su desembocadura en el Jarama, sus afluentes más importantes los recibe en la margen derecha, en especial el Arroyo de Canencia.

El río Guadalix nace en las estribaciones de la Cuerda Larga, recibe como principal afluente al arroyo de Miraflores, que nace en el Pico de la Morcuera a 1.800 m. de altitud, en la cabecera de este arroyo está el célebre embalse de Miraflores, que ha tenido problemas en algún año seco por su poca utilidad.

El río Manzanares nace en la Cuerda Larga y sus primeras fuentes (3) están en la vertiente este de la tercera Guarramilla, a 2.195 m. de altitud, discurre por la Pedriza, paisaje granítico, con suelos arenosos del tipo rankeriformes y oligotróficos (aunque el embalse de Santillana está <sup>ahí</sup> eutrofizado por los aportes humanos), y llega hasta el embalse donde es represado y utilizado para abastecer la ciudad de Madrid.

El río Guadarrama (4), de escaso caudal, nace en la Sierra del mismo nombre, en el Macizo de Siete Picos, discurre por el sector oriental de la provincia, pasando por Cercedilla, Los Molinos, Collado-Villalba, etc. Los dos ríos afluentes más importantes son el de la Venta y el Aulencia, este último afluente es embalsado en el Pozo de las Nieves y destinado al abastecimiento de Madrid. En la parte más septentrional de la cuenca se encuentran contiguos los valles de la Fuenfría y del Navalmedio, que son a su vez las cuencas de los ríos de la Venta y Navalmedio. Algo más al Sur se

encuentran también contiguos los valles de la Jarosa, Cuelgamuros y el del Escorial.

El Alberche nace en la Fuente del Alberche y recorre el sur de la provincia de Avila bordeando la vertiente Norte de la Sierra de Gredos, de donde recibe las mayores aportaciones hídricas de la cabecera. Es embalsado en el Burquillo, Charco del Cura, San Juan y Picadas, penetrando en Madrid, en esta provincia, recibe por la izquierda a sus dos afluentes principales, el Cofio y el Perales.

Con el anuario de Aforos de la Dirección General de Obras Hidráulicas, he calculado los valores de las aportaciones de los ríos que abastecen Madrid y sus caudales, para tratar de ver su potencialidad hídrica. Es evidente, que de alguno de ellos, no he podido calcular los datos citados por carecer de aforos en el punto que yo quería, esto es a la entrada del embalse, pero en cualquier caso, he tomado valores aguas arriba y aguas abajo, para establecer unos valores aproximados, en especial de los ríos Sorbe, que no tenía datos en el Pozo de los Ramos, y del Aulencia, que no he podido tomar ningún valor, por su total inexistencia.

En el cuadro número 1, expongo la precipitación en las cuencas, tanto en  $\text{Hm}^3$ /año, como en milímetros; los valores no coinciden, de forma absoluta, con los que dí en el punto anterior, por ser de series climáticas diferentes, con todo son bastante aproximados. En la cuenca del Sorbe 800 - 900 mm.; en la del Jarama, 800 - 900 mm.; Lozoya 800 - 1.400; Guadalix, 650; Manzanares, 800; Guadarrama, 500 - 600; por último en la del Alberche 800 mm. La cuenca del Lozoya, sin duda, la que según los datos recibe mayor aportación, aunque la del Jarama, Sorbe y Manzanares le siguen bastante cerca.

Cuadro 1 Aforos de la cuenca de los ríos que abastecen Madrid de agua

131

Aforos	Estación	Superficie Km <sup>2</sup>	Precip. Hm <sup>3</sup>	Precip. mm.	Aportación media anual Hm <sup>3</sup>	Altura de la aportación en m.	Años estudiado
<u>Río Sorbe</u>							
159	Muriel	439			137,38	206	1971-76
67	Beleña	519	455	876	288	555	1943-69
	Pozo de los Ramos	363			(50,4)	114	
<u>Río Jarama</u>							
50	El Vado	426	425	998	185	434	1949-70
	Canal del Jarama	378	(caudal 2,2 m <sup>3</sup> /seg.) ( 87)				1974-76
<u>Río Lozoya</u>							
2	El Paular	42	60	1.428	49,9	1.189	1968-76
196	Pinilla	246	246	1.000	218	887	1970-71
154	Riosequillo	385	336	872	235	610	1943-69
155	Puentes Vieja	675	568	841	332	492	1943-69
	Canal del Villar	72	(caudal 3 m <sup>3</sup> /seg.) ( 92,96)				1974-76
195	El Villar	725	605	835	166	229	1943-69
156	El Atazar	923			184	200	1971-76
	Canal del Atazar	923	(caudal 5,6 m <sup>3</sup> /seg.) (176)				1974-76
<u>Río Guadalix</u>							
157	El Vellón	210	139	662	47,7	227	1970-71
	Canal de Guadalix	210	(caudal 0,57 m <sup>3</sup> /s) (18,5)				1974-76
<u>Río Manzanares</u>							
69	Santillana	244	215	881	110	450	
	Canal de Santillana	236	(caudal 1,6 m <sup>3</sup> /seg.) (52,7)				1974-76
<u>Río Guadarrama*</u>							
194	Galapagar	346	196	566	73,7	213	1970-71
<u>Río Alberche</u>							
111	Burguillo	1.050	909	865	433	412	1924-74
112	San Juan	1.911	1.461	765	684	358	1945-74
113	Picadas	2.008	1.543	768	635	316	1943-69
	Canal AMSO	2.008	(caudal 1 m <sup>3</sup> /seg.) (32,4)				

\* El embalse de Valmayor no estaba construido en esas fechas.

Fuente: D.G. OBRAS HIDRAULICAS: Anuario de Aforos. Cuenca del Tajo (1974-75) (1975-76)  
M.O.P.U. Madrid, 1979.

La altura de la aportación, es decir las aguas útiles o de escorrentía, una vez suprimida la evapotranspiración y las pérdidas hacia los acuíferos, y añadida la aportación de estos, es similar a los valores de agua útil calculados por mí, aunque varían las series temporales, y los datos del Anuario de Aforos son reales; con todo resultan bastante aproximados, aunque aparezcan evidentes diferencias no considerables en general. Lozoya, Jarama y Sorbe, así como el Manzanares son los de mayor aportación, mientras que Guadalix y Guadarrama son los que menor cantidad de agua aportan, o bien porque su cuenca de captación es menor, o bien porque transcurren por valles amplios con orientación al mediodía y su evapotranspiración real es superior.

Analizando la aportación media anual en  $\text{Hm}^3$ , en el cuadro número 1, se aprecia como los ríos van aumentando la misma, hasta que llegan a un embalse donde son regulados y aprovechado parte del caudal. Así, en el Sorbe, entre Muriel y Beleña, está el Pozo de los Ramos, que regula  $1,3 \text{ m}^3/\text{seg.}$  con el trasvase Sorbe - Jarama, que significan  $50,4 \text{ Hm}^3/\text{año}$  (media de los años 1974-75 / 75-76.).

En el Jarama, en el embalse de El Vado, la cantidad detraída al río, por medio del canal del Jarama supone una aportación de  $87 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , en los mismos años.

El río más importante de todo el esquema hidráulico, el Lozoya, ve aumentar su aportación de  $49,9 \text{ Hm}^3$  en el Paular a  $333 \text{ Hm}^3$  en el embalse de Puentes Viejas, del que sale hacia El Villar, en este embalse se encuentra el Canal del Villar que detrae del río  $92,96 \text{ Hm}^3$  (media 74-76) y reduce la aportación a  $116 \text{ Hm}^3$ , aguas abajo de la presa del Villar, este valor se ve aumentado en El Atazar a  $184 \text{ Hm}^3$  por los afluentes y los  $50 \text{ Km}^2$  de cuenca que incrementa el río. De este superembalse sale el Canal de El



El Atazar que recoge  $176 \text{ Hm}^3$  con lo que el río Lozoya pasa el Pontón de la Oliva hacia la confluencia con el Jarama con una aportación mínima.

Hay que tener en cuenta que esta descripción, está basada en unos datos que dan una ligera aproximación, y que las cantidades detraídas pueden verse incrementadas en años húmedos o disminuir (ligeramente) en períodos más secos. De cualquier forma tengase presente la columna de los años estudiados, algunos de ellos no precisamente húmedos.

Los valores que se regulan en el resto de los ríos (cuadro 1) no son tan significativos, ya que sólo tengo datos de 1974-75 y de 1975-76, por lo que huelgan los comentarios, que haré, no obstante, más adelante con otros datos y en los que tendré más series.

Los coeficientes de escorrentía (cuadro 2) son máximos en el Valle de Lozoya, en el Sorbe y en el Manzanares, siguen el Jarama y Alberche y los que tienen un coeficiente menor son Guadarrama y Guadalix. Este último río, puede tener zonas donde el agua se infiltre, como pueden ser las calizas cretácicas del Noreste del Vaso, o bien que el valor de E T R sea muy fuerte, por ser una zona bastante más baja de altitud que el resto de los embalses. También es importante tener en cuenta que la toma del Canal de Guadalix va a estar situada aguas arriba de la estación de aforos y por esto los coeficientes son más bajos.

El déficit medio de escorrentía para todas las cuencas está en torno a 400 - 500 mm., aumentando, como es lógico, en las zonas de baja altitud, porque los ríos han sido regulados, hay mayor E T R, y disminuyendo en las cabeceras.

Cuadro 2 Coefficientes de escorrentía y deficit de escorrentía de las  
cuenclas de los ríos que abastecen a Madrid de agua.

<u>Río Sorbe</u>	<u>Coef. de</u> <u>escorrentía</u>	<u>H-L</u> <u>mm.</u>	<u>Caudal</u> <u>m<sup>3</sup>/seg.</u>	<u>Variaciones estacionales</u>		<u>Años</u>
				<u>Aguas altas</u>	<u>Mínimos</u>	
159 Muriel			4,35			1971-75
67 Beleña	0,63	321	7,5	Enero-marzo	Julio	1958-59/75-76
<u>Río Jarama</u>						
50 El Vadó	0,43	564	6,4	Marzo	Junio	192-13/ 73-74
<u>Río Lozoya</u>						
2 El Paular	0,83	239	1,5	Mayo-abril	Agosto	1968-69/75-76
196 Pinilla	0,88	113	5,2	Marzo-mayo	Octubre	1967-68/75-76
154 Rosequillo	0,69	262	6,8	Abril-mayo	Agosto	1964-65/75-76
155 Puentes Viej.	0,58	349	9,3	Enero-abril	Julio	1964-64/75-76
195 El Villar	0,27	606	4,9	Noviembre-abril	Julio	1964-65/75-76
156 El Atadón	-	-	5,8	-	-	1971-72/75-76
<u>Río Guadalix</u>						
157 El Vellón	0,34	435	1,72	Enero	Noviembre	1968-76
<u>Río Manzanares</u>						
69 Santillana II	0,51	431	3,3	Marzo-abril	Febrero	1944-76
<u>Río Guadarrama</u>						
194 Galapagar	0,38	353	2,2	Enero	Agosto	1968-76
<u>Río Alberche</u>						
111 El Burgillo	0,48	453	14,1	Marzo	Agosto	1924-74
112 San Juan	0,46	407	24,1	Marzo	Agosto	1949-74
113 Picadas	0,41	452	20,3	Febrero	Agosto	1964-74

Fuente: Anuario Aforos.

Los caudales son variables, pero aquí son datos medios de series más o menos largas, lo que nos va a dar en definitiva la potencialidad de la cuenca: (cuadro 2 y 4).

Del río Sorbe tengo dos datos, el de Muriel, aguas arriba de la Presa del Pozo de los Ramos y de Beleña, aguas abajo, el río aumenta de 4,35 a 7,5 m<sup>3</sup>/seg. y el canal tiene una concesión de 100 Hm<sup>3</sup>/año, que suponen 1,6 m<sup>3</sup>/seg., con lo que el río puede llegar a Beleña con 6 m<sup>3</sup>/seg.

El Jarama tiene un caudal de 6,4 m<sup>3</sup>/seg., que se puede aprovechar completamente. El río Lozoya aumenta hasta Puentes Viejas donde llega con 9,3 m<sup>3</sup>/seg. y se le puede sacar 4,4 m<sup>3</sup>/seg., así como los 5,8 que tiene El Atazar.

Sin duda el <sup>que</sup> mayor aprovechamiento futuro puede tener es el Alberche, ya que su potencial es bastante superior al resto, sólo en el Burquillo, el caudal medio en 50 años es de 14 m<sup>3</sup>/seg., con lo que se abastecerían ~~de~~ <sup>que</sup> dos a tres millones de habitantes.

Las variaciones estacionales nos indican que las aguas altas son las de primavera, en casi todas las cuencas, lo que indica el carácter pluvio-nival de las aportaciones; son los meses de marzo, abril y mayo, los que más se repiten en las aguas altas, y estos meses son los de fusión de las nieves y en los que <sup>se</sup> dan uno de los dos máximos pluviométricos de toda la región al año.

Los caudales específicos (cuadro 3) por Km<sup>2</sup> son también variables; el Lozoya es el río que da las cifras más altas, salvo en los últimos tramos en que ya está regulado. El Alberche, Manzanares, Jarama y Sorbe tienen también

Cuadro 3Caudales específicos por Km<sup>2</sup> (correspondiente)

Sorbe .....	Muriel.....	9,9	l/seg./Km <sup>2</sup>
Sorbe .....	Beleña.....	14,4	"
Jarama.....	El Vado.....	15	"
Lozoya .....	El Paular .....	35,7	"
" .....	Pinilla .....	21,1	"
" .....	Riosequillo .....	17,6	"
" .....	Puentes Viejos ...	13,7	"
" .....	El Villar .....	6,7	"
" .....	El Atazar .....	6,2	"
Guadalix.....	El Vellón .....	8,19	"
Manzanares .....	Santillana .....	13,5	"
Guadarrama .....	Galapagar .....	6,3	"
Alberche .....	El Burguillo.....	13,4	"
Alberche .....	San Juan .....	12,6	"
" .....	Picadas .....	10,3	"

Fuente: Anuario de Aforos.

aportaciones superficiales importantes. Mientras que el Guadalix y Guadarrama tienen escasos caudales específicos por las razones apuntadas con anterioridad.

Es de notar la perspicacia que tuvieron los fundadores del Canal de Isabel II, al elegir el río más caudaloso por  $\text{Km}^2$  de cuenca como es el Lozoya, aunque esta medida fue muy criticada en su tiempo, era, como vemos hoy, la más acertada a largo plazo.

El resumen del cuadro 4, nos da las posibilidades teóricas con los datos del anuario de Aforos 1974-75/75-76.

Del río Sorbe no se pueden detraer más cantidades que las autorizadas por el Estado, es decir  $100 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , pero sería conveniente regularlo de forma completa y unificar las redes del Canal y de la zona de Guadalajara y Alcalá, para crear un único sistema de abastecimiento regional, centralizado y eficaz, que evite problemas de jurisdicción y permita un mayor aprovechamiento. El Jarama es bastante caudaloso, aunque su aprovechamiento puede verse incrementado con la construcción de nuevas presas, una en la confluencia y otra de regulación en cabecera.

En el río Lozoya, pueden aumentarse las cantidades tomadas en el Villar, y disminuir la aportación del Atazar según la capacidad de los canales. Guadalix, Manzanares, Guadarrama-Aulencia no dan más de sí, están regulados al máximo, como el Lozoya.

El río que tiene unas posibilidades mayores es el Alberche, particularmente desde El Burguillo. Es una solución técnica difícil, pero a largo plazo inmejorable, con la regulación del río Cofio y el río Perales y Tránsito Burguillo - Madrid por Majadahonda.

Cuadro 4

Caudales teóricos regulados que pueden abastecer Madrid  
en función de los datos del Anuario de Aforos 1974-75/  
75-76. ( Las series de datos son de varios años)

Sorbe	.....	1,6 m <sup>3</sup> /seg.	( Trasvase Sorbe-Jarama)
Jarama	.....	6,4 "	( Canal del Jarama)
Lozoya	.....	4,4 "	( Canal del Villar)
"	.....	5,8 "	( Canal del Atazar)
Guadalix	.....	1,72 "	( Canal del Vellón)
Manzanares	.....	3,3 "	( Canal del Manzanares)
Guadarrama	.....	2,2 "	( A M S O )
Alberche	.....	3,3 "	( A M S O )
Total	.....	28,72 "	

Urbistondo (6), sin embargo, y con datos del Canal  
da para 1976 los siguientes caudales regulados:

Caudales de agua regulables en 1976

	Caudal regu- lado parcial	m <sup>3</sup> /seg. Total
<u>Sistema de embalses de Pinilla, Río-Sequillo</u>		
Puentes Viejas y Villar ( Lozoya alto)	6,95	6,95
Embalse de El Vado ( Jarama )	3,00	9,95
Embalse del Vellón(Guadalix)	1,70	11,75
Sistema Oeste, 1ª fase ( A M S O )	3,50	15,15
Embalse de Santillana ( Manzanares )	2,50	17,65
Embalse de El Atazar (Lozoya bajo)	3,55	21,20
Trasvase Sorbe- Jarama	1,60	22,80
Sistema Oeste, 2ª fase (Aulencia-Guadarrama)	4,00	26,80

Afirmando: " La cuenca del Lozoya ha seguido siendo,  
hasta este mismo año, la fuente principal de suministro,

si bien la entrada en servicio del Trasvase Sorbe-Jarama y la inmediata, tan pronto llueva lo suficiente, del sistema Guadarrama-Aulencia, suponen que a partir de ahora los recursos procedentes de la Cuenca del Lozoya sumarán menos de la mitad de la totalidad de los recursos hidráulicos que abastecen Madrid. Se puede observar que el Lozoya participa con  $6,95 + 3,55 \pm 10,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , sobre un total de  $26,8 \text{ m}^3/\text{seg.}$  de recursos superficiales, si bien  $5,6 \text{ m}^3/\text{seg.}$  no han llegado aún a ser realmente efectivos".

Aunque también es conveniente ver las aportaciones en el pasado de los ríos que componían el sistema hidráulico (6). Particularmente por lo que se refiere al abastecimiento.

La evolución de los caudales regulados en año seco con que ha contado el Canal de Isabel II.

<u>Año</u>	<u>m<sup>3</sup>/seg.</u>	
	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
1951 Se contaba únicamente con un solo río el Lozoya, y en él con la regulación lograda por el Embalse de PUENTES VIEJAS	3,30	3,30
1954 Entra en servicio el Embalse de RIOSEQUILLO, en el Lozoya, que supone una regulación de	0,95	4,25
1960 Con la incorporación del río Jarama se cuenta con la regulación del Embalse de EL VADO	2,25	6,50
1965 Los recursos del río Manzanares con su presa de SANTILLANA suponen una regulación de	2,00	8,50

140.

continuación.

<u>Año</u>	<u>m<sup>3</sup>/seg</u>	
	<u>Parcial</u>	<u>Total</u>
1966 Entra en servicio la presa de PINILLA en el Lozoya, que aumenta la regulación en	1,00	9,50
1967 La incorporación de los recursos del río Alberche con un sistema de embalses supone una regulación (A.M.S.O.). La presa de EL VELLON incorpora el río Guadalix con una regulación de	3,00 1,50	14,00
1969 El recrecimiento de la presa de MANZANARES EL REAL supone un aumento de regulación de	1,00	15,00

Los 15,00 m<sup>3</sup>/seg. con que se cuenta en el año 1969, se agrupan por ríos en la siguiente forma:

LOZOYA .....	5,25 m <sup>3</sup> /seg.
JARAMA .....	2,25 "
MANZANARES.....	3,00 "
GUADALIX .....	1,50 "
ALBERCHE .....	3,00 "
TOTAL .....	15,00 m <sup>3</sup> /seg.

Según la memoria 1970-74, con la entrada en servicio del embalse de El Atazar en el año 1972, y teniendo en cuenta además la capacidad reguladora del Embalse de El Villar (ya que en los cálculos anteriores la regulación



del río Lozoya se considera referida a la salida del Embalse de Puentes Viejas), así como algunas correcciones, fruto de estudios más detenidos, se cuenta con los siguientes caudales regulados, clasificados por ríos y totalizados:

Lozoya .....	10,50 m <sup>3</sup> /seg.
Jarama .....	3,00 "
Manzanares .....	2,50 "
Guadalix .....	1,70 "
Alberche .....	3,50 "
<hr/>	
Total .....	21, 20 m <sup>3</sup> /seg.

El Lozoya ha aumentado considerablemente su aportación, y en definitiva salvó a Madrid de la sed en los años 60 finales y 70 y va a permitir el desarrollo de la ciudad en los 80.

De cualquier forma los recursos hidráulicos para abastecer a Madrid según Urbistondó (7) son:

Los recursos hidráulicos para abastecimiento de Madrid.

	S ( km <sup>2</sup> )	h (mm.)	Am (Hm <sup>3</sup> )
Lozoya .....	924	925	345
Guadalix .....	211	788	49
Manzanares .....	237	1.032	109
Aulencia .....	102	725	26
Guadarrama .....	248	828	72
Jarama (El Vado).....	377	1.088	185
Alberche (San Juan) ...	2.008	807	675
			(100)
Sorbe .....	363	990	155
			(100)

Continuación

	S (km <sup>2</sup> )	h (mm.)	Am (Hm <sup>3</sup> )
Jarama Medio .....	253	664	.
Tiétar (Arenas) .....	1.062	1.033	621

Similares en definitiva a las que yo he recogido o elaborado con otras fuentes como el Anuario de Aforos.

Sin embargo, es preciso detallar de forma clara algunos hechos que son fundamentales en un sistema de abastecimiento; y es la regularidad de los aportes de agua en los ríos de nuestro espacio geográfico, o mejor de nuestra región. Los ríos no son constantes, sufren, por un lado estiajes debidos al clima, en el que la variable "mediterraneidad" juega un papel importante en el descenso veraniego, por otro, la variabilidad climática interanual es bastante considerable, hay años secos y húmedos. En otros climas este factor, con ser importante, no es tan influyente como entre nosotros, donde la persistencia de una situación climática anticiclónica de bloqueo durante dos meses, puede hacer "peligrar" gran parte del sistema Hidráulico Nacional. (De Abastecimiento e Hidroeléctrico).

De aquí la importancia que tiene analizar ambos factores de forma más detallada.

Por lo que refiere a la evolución interanual de los caudales:

El río más importante del sistema es el Lozoya, que está estudiado de forma absoluta, desde <sup>1951</sup> prácticamente la

creación del Canal.

De 1901 a 1950 (8) con aforo a la entrada de Puentes Viejas, "los mínimos se corresponden, como es lógico, al mes de agosto, siguiéndole septiembre y julio y por último octubre. Y en cuanto a las máximas medias mensuales, normalmente tienen lugar en los meses de abril y mayo, y después los de marzo y septiembre. En el cuadro 5 se puede apreciar la evolución mensual de los caudales del río Lozoya en los 50 años citados.

La media del período (cuadro 5) 1900 - 1950, es de  $9,3 \text{ m}^3/\text{seg.}$  por lo que el mes de marzo casi duplica el valor de la misma, seguido de abril, este hecho demuestra el régimen pluvio-nival del río Lozoya, y es lógico que así sea porque la innivación de las cordilleras que limitan el valle dura desde noviembre ("para los Santos nieve en los altos") hasta abril en que comienza la fusión y se dan las últimas lluvias importantes del año.

En la serie del Anuario de Aforos para las estaciones del río Lozoya (cuadro 5) se pueden apreciar dos máximos, uno de fusión de nieves y combinado con agua de lluvia en marzo - abril que se puede prolongar hasta mayo, y otro de tipo pluvial hacia enero, que en algunas estaciones se da en febrero. En otras estaciones en este mes se da un mínimo secundario cercano a la media, ora inferior, ora superior.

Los mínimos medios en todas las estaciones se dan en agosto y julio, comenzando el período de aguas bajas en junio, que en casi todas las estaciones está por debajo de la media anual; este hecho, es perfectamente lógico, porque en este mes la E T P es bastante fuerte y la esorrentía desciende, pero todavía se mantienen ciertos cau-

CUADRO 5

Caudales medios mensuales m<sup>3</sup>/seg.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
Lozoya (Puentes Viejas)													
1900-1950	11,7	16,8	18,1	17,7	13,3	7,1	1,5	0,3	0,5	2,6	8,9	13,2	9,3
Lozoya (El Paular)													
1968-69/69-70	2,5	1,3	2,0	3,3	5,0	1,7	0,3	0,1	0,2	0,6	1,3	1,0	1,6
Lozoya (Pinilla)													
1967-68/69-70	7,0	2,3	9,7	7,1	8,8	2,7	2,4	1,6	4,8	1,4	3,5	3,5	4,5
Lozoya (Riosequillo)													
1964-65/1969-70	12,9	9,3	8,8	11,5	9,7	4,5	3,7	3,4	4,8	4,2	6,5	6,3	7,1
Lozoya (Puentes Viejas)													
1964-65/69-70	18,4	13,9	15,0	15,7	12,8	5,8	4,6	5,6	5,2	6,5	10,6	8,3	10,2
Lozoya (El Villar)													
1964-65/69-70	3,5	5,4	6,0	6,1	5,2	4,8	4,4	5,0	5,1	5,4	6,2	4,6	5,1
Lozoya (El Atazar)													
1975-76	9,1	9,1	9,2	8,0	7,9	5,3	4,4	4,2	4,9	4,8	4,1	8,4	6,6

Fuente: Anuario de Aforos. 1974-75/ 75-76.  
Canal de Isabel II. Memoria 1946-50.

dales como consecuencia de la fusión de las nieves tardías en años particularmente húmedos.

Se puede notar una disimilitud poco importante entre los datos medios aquí utilizados y los del cuadro 4, que es debida a las diferentes series de tiempo utilizadas en ambos cuadros, ya que en el cuadro 4 hay más datos porque he introducido los años 74 - 75 y 75 - 76.

El resto de los ríos que abastecen de agua a Madrid tienen regímenes similares: (cuadro 6)

El Sorbe tiene un mínimo de precipitaciones en marzo-abril con un secundario en enero, mientras que mayo ya es de aguas bajas, los estiajes se producen en los meses de verano, julio y agosto, aunque se continuen en septiembre.

En el río Jarama aparece un máximo en marzo, que es el mes más importante y que indica su carácter pluvio-nival, con un segundo máximo en enero, régimen similar al del Lozoya, mientras que los mínimos se dan en junio y julio. Las aguas bajas duran 7 meses, hecho que denota un carácter de cierta mediterraneidad, o simplemente de permanencia de situaciones anticiclónicas de Azores desde mayo a octubre. Resulta importante señalar, que en agosto se produce un ligero máximo dentro de las aguas bajas que puede estar provocado por los aportes hídricos de las tormentas de tipo convectivo que se producen en este mes en las áreas serranas.

El río Guadalix con su máximo de enero, indica, por un lado lo corto de la serie utilizada, y por otro que se trata de una zona de más baja altitud y por tanto el carácter pluvial de las aportaciones, con 8 meses de aguas

Caudales medios mensuales m<sup>3</sup>/seg.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
Sorbe (Murriel)													
1975-76	1,3	3,4	4,0	4,2	1,4	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	1,4	1,6
Sorbe (Belaña)													
1958-59/69-70	15,8	12,6	15,5	11,0	7,9	4,8	2,1	2,2	2,4	6,0	13,5	11,5	8,9
Jarama (El Vado)													
1949-50/1969-70	10,6	10,4	12,3	9,5	5,6	2,6	3,1	3,2	2,7	2,7	6,4	8,6	6,4
Guadalix (El Vellón)													
1968-69/69-70	6,5	3,1	3,1	1,8	1,4	1,3	1,2	0,8	1,0	1,6	0,8	0,6	1,9
Manzanares (Santillana)													
1944-45/ 1969-70	3,9	1,1	5,6	5,6	4,4	2,9	2,8	2,7	2,5	2,2	2,3	2,8	3,2
Guadarrama ( Galapagar)													
1968-69/69-70	10,2	5,9	5,7	2,3	3,3	0,6	0,2	0,0	0,1	0,4	1,2	1,8	2,6
Alberche (El burquillo)													
1944-45/1969-70	18,5	18,8	19,8	17,3	15,7	10,9	9,9	9,8	10,4	11,0	12,9	14,9	14,1
Alberche (San Juan)													
1955-56/1969-70	40,5	38,6	42,6	29,0	17,0	13,3	12,2	11,7	12,3	14,0	25,9	32,1	24,1
Alberche (Picadas)													
1964-65/1969-70	32,0	37,0	31,8	21,5	16,2	12,9	12,2	11,3	13,8	14,5	25,3	22,1	20,8

Fuente: Anuario de Aforos 1974-75/ 75-76.

bajas. Los mínimos medios se producen en agosto y noviembre, este último valor creo que es producto de lo reducido de la serie temporal.

El Manzanares tiene dos máximos uno en marzo - abril y otro en enero, que confirma un carácter pluvio-nival, mientras que los mínimos se producen en febrero, octubre y noviembre, este hecho en una serie larga vuelve a darnos un hecho significativo, en la falda de la sierra, las lluvias de tipo convectivo de verano son más importantes de lo que puede parecer a simple vista, ya que permiten que las aguas bajas mínimas se den en febrero por la persistencia de situaciones anticiclónicas frías de invierno y <sup>que</sup> el mínimo secundario aparezca en octubre, por la importancia de la insolación de la cara Sur de la Sierra que provoca inversiones otoñales y que en definitiva impiden de forma relativa la precipitación en la misma, desplazando las lluvias a altitudes superiores, a las cimas montañosas (Cuerda Larga, Morcuera, etc.).

El Guadarrama tiene un máximo en enero, y su carácter es por tanto claramente pluvial con mínimo en agosto, no olvidemos que está en un valle amplio, situado sobre la peana de la Sierra; tan sólo aparece un ligero máximo secundario en mayo, pero muy leve, que sólo indica la lejanía con la fuente de las nieves. Por otro lado, el río tiene una cabecera regulada por un gran número de pequeños embalses que en definitiva van a desvirtuar los datos de una serie, ya de por sí corta.

Por último, el Alberche, en todas las estaciones el máximo es en marzo, que expresa claramente su carácter pluvio-nival, y un segundo máximo en Picadas en noviembre, en San Juan y El Burguillo sólo se da un máximo importante en primavera. El mínimo se da en agosto en todas las

estaciones. Aunque en Picadas aparezca un mínimo secundario en diciembre.

En conjunto en casi todas las cuencas los máximos son de primavera pero con otro máximo invernal aunque con variación en el mes en que se produce.

En los ríos de la vertiente Sur (valles abiertos hacia el Sur y bajos en altitud), el máximo de invierno puede ser más importante que el de primavera, ya que el carácter pluvial es más acusado que el pluvio-nival.

Las cabeceras tienen en casi todos los ríos importantes un carácter pluvio-nival claro. Mientras que en las estaciones más bajas el peso de las lluvias invernales es bastante importante. Hay que señalar la falta de sincronía de las series que no tienen los mismos períodos en los datos.

Por lo que respecta a la evolución histórica de las aportaciones de las cuencas; cuadros 7 y 8, gráfico 1, el río mejor estudiado es el Lozoya en la entrada al embalse de Puentes Viejas, que de 1901 a 1950 aportó en dicho punto una media de  $298 \text{ Hm}^3$ . En el mismo período registro sequías de cierta importancia en los años hidráulicos 1912-13, 1924-25 y 1931-32, y las denominadas "pertinaces sequías" de 1941-42, 43-44, 44-45, 1948-49 y 1949-50. La mínima aportación del período se produjo en 1948-49 con  $65 \text{ Hm}^3/\text{año}$ ,  $1/5$  de la aportación normal o media. El mes de mínima aportación media fue septiembre de 1950, con  $0,032 \text{ m}^3/\text{seg}$ , tras un caluroso verano y 26 meses de sequía casi consecutivos, y el de máxima aportación media fue abril de 1923 con  $55,6 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

La aportación anual en el período 1900-1950 ha varia-





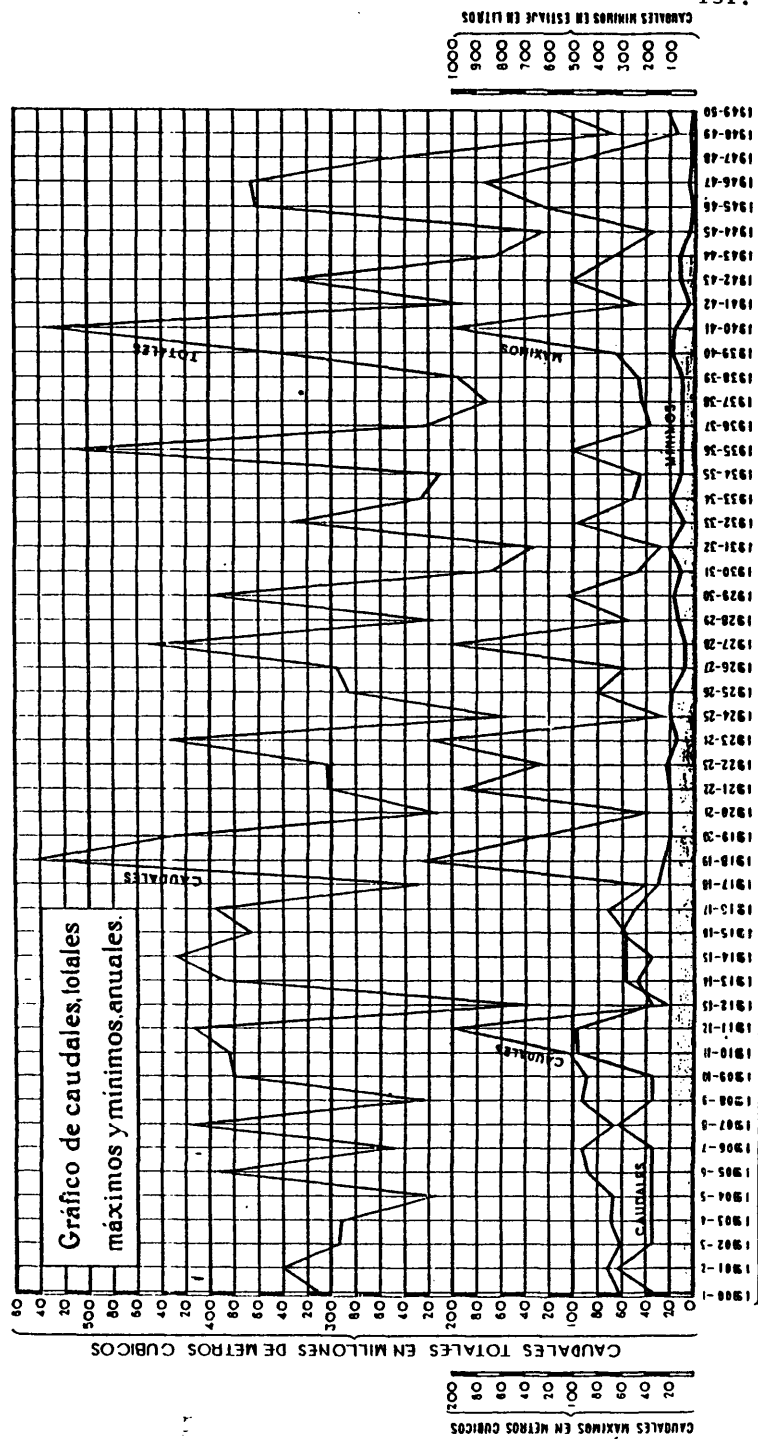
AFOROS DEL RIO LOZOYA DESDE 1901 A 1950

años continuos	Aportaciones totales del río al entrar en el embalse de Puentes Viejas		Caudales máximos de avenida		Caudales mínimos de estiaje	
	Metros cúbicos		Litros por s"		Litros por s"	
1901-01	312.000.000	62.000	170			
1901-02	340.000.000	71.000	312			
1902-03	294.000.000	60.000	170			
1903-04	292.000.000	69.000	170			
1904-05	215.000.000	66.000	170			
1905-06	392.000.000	88.000	170			
1906-07	240.000.000	92.000	170			
1907-08	418.000.000	66.000	312			
1908-09	233.000.000	94.000	170			
1909-10	386.000.000	89.000	170			
1910-11	381.000.000	102.000	481			
1911-12	415.000.000	200.000	489			
1912-13	139.000.000	21.000	170			
1913-14	388.000.000	58.000	237			
1914-15	428.000.000	58.000	170			
1915-16	366.000.000	58.000	305			
1916-17	396.000.000	72.000	250			
1917-18	228.000.000	40.000	150			
1918-19	545.000.000	225.000	122			
1919-20	430.000.000	121.000	100			
1920-21	213.000.000	39.000	100			
1921-22	301.000.000	192.000	100			
1922-23	302.000.000	124.000	113			
1923-24	435.000.000	219.000	70			
1924-25	156.000.000	23.000	100			
1925-26	285.676.000	81.000	96			
Suma y sigue	8.535.676.000					

años continuos	Aportaciones totales del río al entrar en el embalse de Puentes Viejas		Caudales máximos de avenida		Caudales mínimos de estiaje	
	Metros cúbicos		Litros por s"		Litros por s"	
Suma anterior	8.535.676.000					
1926-27	296.679.000	58.000	44			
1927-28	450.558.000	202.000	44			
1928-29	216.230.000	55.000	70			
1929-30	403.338.000	105.000	82			
1930-31	168.891.000	48.000	56			
1931-32	133.139.000	28.000	102			
1932-33	333.830.000	99.000	49			
1933-34	227.868.000	52.000	98			
1934-35	210.638.000	45.000	62			
1935-36	515.347.000	102.000	55			
1936-37	223.908.000	38.000	51			
1937-38	171.296.000	43.000	50			
1938-39	195.426.000	46.000	53			
1939-40	347.889.000	63.000	93			
1940-41	537.573.000	202.000	81			
1941-42	192.835.000	48.000	28			
1942-43	337.082.000	102.000	62			
1943-44	163.133.000	64.000	68			
1944-45	122.916.000	35.000	22			
1945-46	362.649.000	125.000	10			
1946-47	566.717.000	174.000	34			
1947-48	248.529.000	94.000	14			
1948-49	65.114.000	13.107	21			
1949-50	116.924.000	21.736	8			
Total	14.943.894.000					

Media = 14.943.894.000 / 50 = 298.878.000 m³

Gráfico n° I. EL RIO LOZOYA DURANTE 50 AÑOS



AÑOS Fuente: Canal de Isabel II.

do de forma relativamente importante; ha habido años en los que se superan los  $500 \text{ Hm}^3$  y otros en los que la aportación no pasa de  $50 \text{ Hm}^3$  por lo que la máxima irregularidad viene expresada por la relación 1/10, que indica, que a pesar de la variación, y de la zona geográfica en la que está situada el río, este tiene unas aportaciones relativamente constantes.

Hay, no obstante, que distinguir dos periodos; el primero de 1901 a 1924 en el que se produce una cierta constancia a las aportaciones, es un periodo más húmedo, con pocos mínimos, sólo uno importante en 1912-13, y unos caudales máximos de avenida y mínimos de estiajes bastante elevados. Por el contrario, de 1924 a 1950, la irregularidad aumenta, con puntas extraordinarias en 1935-36 y 1940-41, pero con un descenso general en la media de los valores, tanto aportación total, como de máximo de avenida y mínimo de estiaje.

Estos valores últimos no están interferidos por la construcción de presas, ya que, por ejemplo Riosequillo, aguas arriba del punto de aforo entra en servicio en 1957. Los hechos comentados, se pueden apreciar en el gráfico 1 particularmente en la línea de caudales mínimos, hasta 1924 se mantiene por encima de los 100 l/seg, mientras que a partir de esta fecha desciende por debajo de los 100 l/seg.

De años posteriores con la misma fuente (10), tengo los datos de aforos de casi todos los ríos, desde que entraron en servicio, (cuadro 9) (datos de 1950-1979).

El río Lozoya continúa con la misma conducta, descrita anteriormente, hasta 1960, es decir, con menor aportación de la normal. Desconozco, no obstante, si la esta-

CUADRO N° 9

AÑOS	DATOS AFORADOS EN LOS RIOS											
	LOZOYA			JARAMA			MANZANARES			GUADALIX		
	PORTADA ANUAL	MAXIMA ANUAL	MAXIMA ESTIAJE	PORTADA ANUAL	MAXIMA ANUAL	MAXIMA ESTIAJE	PORTADA ANUAL	MAXIMA ANUAL	MAXIMA ESTIAJE	PORTADA ANUAL	MAXIMA ANUAL	MAXIMA ESTIAJE
	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³
1950	118,924	22 (19-IV)	8 (17-VIII)									
1951	422,713	80 (6-XI)	3 (5-IX)									
1952	275,593	151 (1-IV)	99 (19-VIII)									
1953	258,910	94 (9-XII)	11 (16-VIII)									
1954	238,143	85 (13-III)	9 (18-X)									
1955	266,466	72 (20-II)	17 (28-VIII)									
1956	341,639	158 (9-III)	115 (6-X)									
1957	148,533	35 (11-X)	23 (7-X)									
1958	234,571	61 (20-XII)	11 (9-X)									
1959	393,326	78 (24-XII)	174 (22-VIII)									
1960	461,894	72 (7-III)	0 (12-III-VIII)									
1961	392,890	254 (7-X)	0 (20-VIII)									
1962	292,874	102 (7-IV)	0 (4-8-VIII)									
1963	529,444	162 (3-II)	23 (26-VIII)									
1964	260,200	89 (25-III)	23 (25-VIII)									
1965	399,927	106 (21-II)	93 (11-VIII)									
1966	512,799	189 (21-II)	93 (11-VIII)									
1967	253,415	38 (15-III)	116 (20-VIII)									
1968	200,022	33 (18-XII)	20 (17-VIII)									
1969	380,537	131 (18-III)	100 (21-VIII)									
	6,430,226											

AÑOS	DATOS AFORADOS DE LOS RIOS											
	LOZOYA			JARAMA			MANZANARES			GUADALIX		
	Portada anual	Medio del año	Mínimo	Portada anual	Medio del año	Mínimo	Portada anual	Medio del año	Mínimo	Portada anual	Medio del año	Mínimo
	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³
1970	230.8	143.9	7.319	0.046	119,711	4,626	80.4	99,803	2,549	44.4	60,382	1,408
1971	342.8	95.012	10,870	0.058	43,368	5,917	92.5	41,053	2,933	45.9	23,171	1,455
1972	750.3	235,428	23,727	0.116	144,876	11,175	214.6	62,442	6,796	146.0	84,294	4,617
1973	185.0	38,003	5,866	0.058	21,806	3,336	68.6	37,569	2,175	38.7	17,419	1,227
1974	769.6	83,302	8,517	0.127	50,000	5,003	70.3	18,935	2,229	31.9	14,711	1,012
	1,777.5						526.4			306.9		

Fuente: Canal de Isabel II.

ción de aforo del río Lozoya es la de la entrada al embalse de Puentes Viejas, supongo que será la misma que la de la serie 1901-50, por cuanto los volúmenes de aportación son similares y por que de haber cambiado el aforo aguas arriba las aportaciones serían menores, y si lo hubiera hecho aguas abajo, las aportaciones hubieran descendido con certeza considerablemente, por la toma de agua y consiguiendo derivación hacia Madrid, conducida por el Canal del Villar.

A partir de 1960, la aportación del río vuelve a ser superior a la media, 368  $\text{Hm}^3$ /año, de 1960 a 1969, 355,5  $\text{Hm}^3$  de 1970 a 1974 y 370  $\text{Hm}^3$  de 1975 a 1979. Se alcanzaron además los 750  $\text{Hm}^3$ /año, cifra record de aportación en el período 1901-1979, mientras que los mínimos fueron menos acusados que en el período 1924-60.

Las sequías más importantes fueron las de 1950, 1957 y 1973, particularmente la primera, las otras dos fueron de menor importancia y no tuvieron ninguna incidencia en el consumo, que no se vió afectado.

Hay un hecho destacable, y es que en 1964, aún cuando no hubo una clara sequía, sino un ligero descenso de la aportación, (algunos  $\text{Hm}^3$  por debajo de la media 1901-50), sin embargo tuvo una gran trascendencia en el consumo, que tuvo que ser restringido con cortes horarios en el abastecimiento. Fueron debidos al aumento de la población madrileña.

La aportación media del resto de los ríos es bastante inferior, únicamente el Alberche queda al margen de esta apreciación, ya que, es el que más recursos potenciales posee, pues duplica la aportación media del Lozoya.

Datos medios de aportación

Ríos	<u>Según Canal de Isabel II</u>		<u>Según anuario de aforos</u>	
	Hm <sup>3</sup> /año	Años	Hm <sup>3</sup> /año	Años
Lozoya .....	308	1901-74	294	1964-65/75-76
Jarama .....	212	1950-70	202	1912-13/75-76
Manzanares.....	105	1964-74	106	1944-45/75-76
Guadalix .....	44	1967-74	-	---
Alberche .....	642	Picadas 1966-74	456,5	El Burguillo 1924-25/75-76

Los valores de aportación media son, como se puede apreciar, prácticamente los mismos, usando fuentes distintas, salvo en el Alberche, ya que son estaciones de aforo diferentes una es la de las Picadas y otra la de El Burguillo.

Cuadro 9

cont.	<u>Aportaciones de los últimos años de los Ríos</u>			
	Hm <sup>3</sup> /año			
<u>Años</u>	<u>Lozoya</u>	<u>Jarama</u>	<u>Manzanares</u>	<u>Guadalix</u>
1975	251,8	133,1	59	25,5
1976	244	98,7	76	28,3
1977	447	259	113	54
1978	444	190	114	46
1979	466	303	140	78
Media	370	196,7	100	46

Fuente: Canal de Isabel II.

En el período 1975-79 no ha habido una especial variación en los valores de las medias y el único hecho reseñable es la sequía del año 1976, que hizo desdender las medias de Jarama y Manzanares, no afectando al Lozoya y Guadalix.

La evolución de los valores de aportación se puede también conocer con los datos del gráfico 2, en los que he recogido y ampliado los valores del anuario de Aforos 1974-75/75-76.

En el río Lozoya, aforo de Puentes Viejas, se registra el segundo mínimo en lo que va de siglo, es el año hidráulico 1975-76, que no aparecía en los datos del Canal porque desde 1950 a 1978 se dan las aportaciones en años naturales. Este año hidráulico aparece como muy seco en todos los ríos de la cuenca y del sistema de abastecimientos de Madrid. Este fenómeno fue reconocido por los diarios locales (11) dada la gran sensibilidad de los madrileños hacia las sequías. Los titulares hablaban de la escasez diciendo: Hay menos agua en los embalses del Canal de Isabel II. La cifra es de 328 Hm<sup>3</sup> frente a los 598 del año anterior y daba a continuación el estado de los embalses:

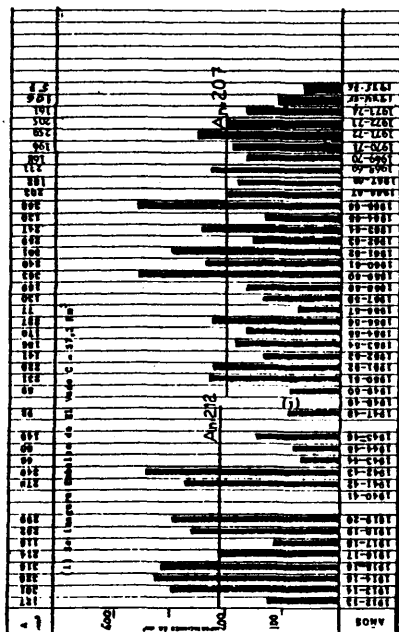
Pinilla	24 %	de su capacidad	9 Hm <sup>3</sup>
Riosequillo	32 %	" " "	15 "
Puentes Viejas	61 %	" " "	31 "
El Villar	95 %	" " "	21 "
Atazar	39 %	" " "	176 "
Santillana	44 %	" " "	40 "
Vellón	53 %	" " "	22 "

Los embalses estaban al 42% de su capacidad, también dice que el consumo diario que era ese año 1,4 Hm<sup>3</sup>/día, y añade que 0,325 Hm<sup>3</sup> se bombean desde Picadas. Esta noticia que es de los últimos días de julio del 76, indica la importancia que puede tener, en caso de período crítico, la cuenca del Alberche en el abastecimiento de Madrid.

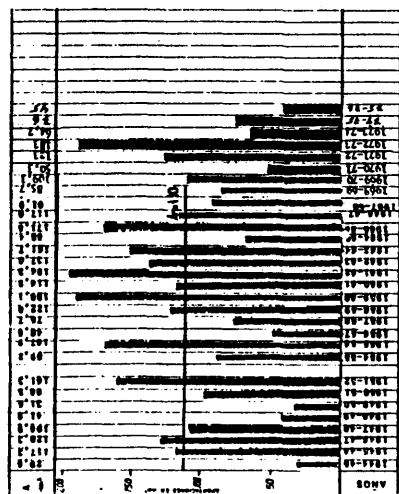
Otro de los años de sequía general es el 1964-65 que aunque no tan claro como las del 1956-57 y 1957-58, fue importante en el sistema de abastecimiento, pues provocó una



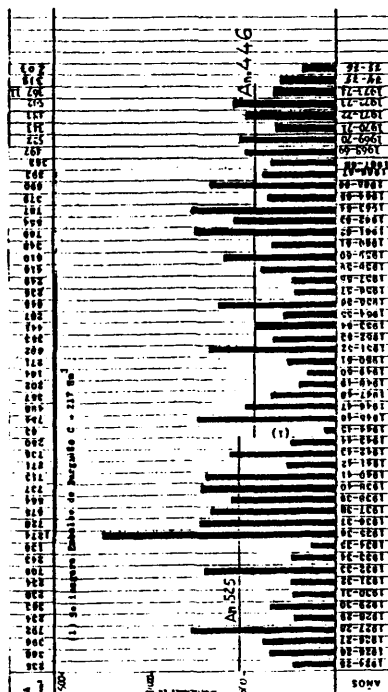
JARAMA. EL VADO



ESTACIONAMENTO. DATA 4. 1978



ALBERCHE. BURGUILLO



LOZOYA. PUENTES VIEJAS

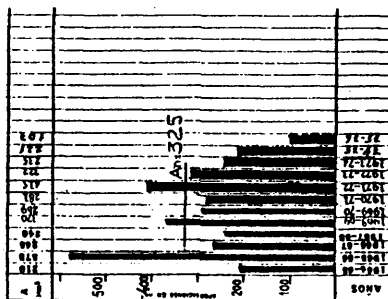


GRAFICO N° 2

Cuadro 40		AGUA SALIDA DEL EMBALSE (miles m <sup>3</sup> )						
Años	C. Parra	C. Villar	C. Atazar	Río Jarama	Manzanares	R. Guadalix	P. Ranney	Alberche
1950								
1951								
1952								
1953								
1954								
1955								
1956								
1957								
1958								
1959								
1960								
1961								
1962								
1963	8.344							
1964	2.590							
1965	2.675							
1966	1.163							

cont. cuadro 40

Años	Rfo Lozoya		R. Jarama		R. Manzanares		R. Guadalix		P. Ranney	Alberche
	C. Parra	C. Villar	C. Atazar	C. Jarama	C. Santillana	C. Guadalix	C. Vellón			
1967	2.115	119.336		139.964	90.792		13.367		7.148	17.170
1968	2.052	158.312		99.661	62.636		9.705	12.543	8.661	43.952
1969	-	163.801		114.400	51.621		1.296	20.690	-	53.449
1970	-	144.809		80.679	76.585		-	23.404	3.169	64.121
1971	-	109.340	41.697	110.862	44.894		-	35.267	4.155	46.569
1972	-	170.037	51.615	70.140	81.399		-	24.837	-	16.668
1973	-	140.095	103.284	61.162	56.307		-	29.797	-	54.864
1974	-	114.378	139.575	82.590	62.226		-	17.036	103	31.940
Total										
1975				444					5.802	715
1976				447					13.095	36.393
1977				444					14.000	-
1978				444					14.000	10.000
1979				451					*2. 24.000	

\* Aguas profundas \*2 Guadarrama-Aulencia.

Fuente: Canal del Isabel II.

gran inquietud en la dirección del Canal, afirmando posteriormente que el consumo pudo realizarse de 'milagro'. A partir de esta fecha no ha vuelto a producirse un desabastecimiento en Madrid a pesar de que el segundo período mínimo del período 1.900-79 se produjo en 1975-76, este hecho confirma la importancia beneficiosa que ha tenido el embalse de El Atazar en el abastecimiento. Por último, las sequías de los años 40 y comienzos del 50, conocidos como las "pertinaces sequías" años 1941-42, 43-44, 44-45, 47-48, 48-49, 49-50 y 50-51 se dieron en casi todas las cuencas, particularmente importantes por la transcendencia social que tuvieron las de 1941-42, 43-44, 44-45 y 48-49, ya que, suponían un freno importante a los intentos de despeque y reanudación de la vida económica para una nación empobrecida, no sólo por la Guerra Civil, sino por la Europea. Los costos sociales de esta época fueron muy importantes, y sin embargo Madrid tuvo, en general y salvo algunos períodos críticos, el abastecimiento de agua asegurado.

De tal forma que en los volúmenes de agua salidos de los embalses, tal como aparece en el cuadro 10, desde 1950 a 1979, se puede ver como se produce un aumento constante, con aportaciones de las distintas cuencas hacia Madrid.

Como curiosidad y conclusión, cabe destacar que los ríos quedan prácticamente exangües una vez que han sido utilizados en el abastecimiento, como lo prueban los caudales que llevan algunos de ellos aguas abajo de las presas:

	<u>Noviembre</u>	<u>Estiaje</u>
Jarama (Vado)	1,1 m <sup>3</sup> /seg.	0,4 m <sup>3</sup> /seg
Guadalix (Vellón)	3,9 "	0,3 "
Sorbe (Pozo de los Ramos)	2,7 "	1,4-2,6 "
Manzanares (Santillana)	0,25 "	0,25 "

cont.	<u>Noviembre</u>	<u>Estiaje</u>
Guadarrama	0,7 m <sup>3</sup> /seg.	0,18 m <sup>3</sup> /seg
Aulencia	0,02 "	-

Fuente: COPLACO. Plan de Infraestructura Básica de la provincia de Madrid.

Notas 1.4.

- (1) ALONSO FERNANDEZ, J.: Guadalajara. El Territorio y los Hombres. J.G.A. Madrid, 1976, pag. 101.
- (2) URBISTONDO, R.: El Abastecimiento de Agua en Madrid. Boletín de la Real Sociedad Geográfica. Op. cit. pág. 151.
- (3) PRIETO Y HERNANDEZ DE TEJADA, A.: Aspectos forestales de la provincia de Madrid. Madrid, 1979. pag. 182  
  
Idem. : Aspectos forestales de la provincia de Madrid. op. cit. pag 185.
- (4) CONFEDERACION ESPAÑOLA DE CAJAS DE AHORROS: "Situación actual y perspectivas de la región centro". Madrid, 1967. Tomo I. pag 34 y 55.
- (5) DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS: Anuario de Aforos 1974-75/1975-76. Tomo III. Cuenca del Tago. M.O.P.U. Madrid., 1979
- (6) CANAL DE ISABEL II: Memoria 1970-74. M.O.P.U. Madrid, 1978, pag 148.  
Idem. Memoria 1950-69. M.O.P.U. Madrid, 1974.
- (7) URBISTONDO, R: "El Abastecimiento de Agua a Madrid". op. cit, pag 153.
- (8) CANAL DE ISABEL II: Memoria 1946-50. M.O.P. Madrid, 1950 pag 25 y 55.
- (9) Idem.
- (10) CANAL DE ISABEL II: Memoria 1951-69 y 1970-74. M.O.P.U. Madrid.
- (11) DIARIO YA 31-VII- 1976.

## CAPITULO II

### La singularidad de Madrid

### 2.1. La singularidad de Madrid

Las últimas tendencias de la ciencia geográfica nos hablan de la búsqueda de hechos objetivos comunes al espacio geográfico antes de tratar de individualizar, de aislar determinado subespacio o ente local. De modo que Madrid podría ser individualizado, por ejemplo, por su densidad de población, por su consumo específico de agua, por su morfología urbana y por las infinitas variables que componen un hecho geográfico tan importante como es la capital de una nación.

Ahora bien, el concepto clásico de la singularidad, propio de la Geografía Tradicional, no puede ser desechado, porque hace referencia a factores de localización únicos e irrepetibles en otras ciudades, como pueden ser determinados procesos históricos. No olvidemos, que la idiosincrasia de un hecho urbano obedece a procesos históricos, que si bien pueden tener determinadas variables objetivas y comunes al resto del mundo, (1) en una parte importante son el resultado de decisiones personales o sociales distintas.

También hace referencia a condicionamientos psicológicos o sociológicos que son asumidos por una determinada población. Los movimientos migratorios, por ejemplo, ven en las ciudades los "El Dorado", y con ser un hecho objetivo personal, se producen en determinados espacios, en momentos diferentes y obedeciendo a causas diversas.

La propia dinámica de la ciudad es un hecho diferente, único, así como el paisaje urbano, el entorno ecológico paisajístico de las ciudades, y tantos otros valores de tipo perceptivo, que sólo se dan en unos espacios concretos. Por ejemplo, si pidiésemos que se hiciese un plano de una ciudad a un grupo de personas distintas de forma rápida, nos darían con seguridad unos hechos únicos, propios de las zonas en las que viven, pero también percibirían rasgos comunes a la ciudad en la que habitan pero únicos con relación a otras ciudades.



De modo, que voy a tratar de definir los hechos que caracterizan Madrid como ciudad, y que la distinguen del resto de las ciudades del mundo, haciendo especial mención a los objetivos de esta tesis que son las relaciones de la ciudad con el abastecimiento de agua: con una visión histórica que justifique el emplazamiento primitivo de Madrid. He reunido una serie de causas que explicarían dicha localización:

La primera, es sin duda, la vega del río Manzanares como lugar de abastecimiento del primitivo núcleo, las referencias son muy antiguas, de hecho hubo algunas villas romanas de las que se han encontrado restos en Carabanchel (2). El hecho de "capital del Paleolítico" del Marqués de Lozoya creo que queda muy lejano por las distintas condiciones climáticas e incluso porque todavía no es tiempo de ciudades, sino de tribus de cazadores y recolectores.

Un segundo factor de localización es sin duda "el agua" abundante, que facilitó su creación en la vaguada de la actual calle de Segovia, desde donde, según Oliver Asín (3), e comenzaron las primeras minas musulmanas con viajes que seguían los acuíferos de los manantiales naturales de las vertientes del valle. Además, la propiedad de las aguas, de los arroyos y viajes, estaba bajo el control del municipio de Madrid, según los fueros de 1.145 dados por Alfonso VII El Emperador (4).

Era un lugar protegido de los vientos, orientado al mediodía, y con un hecho fundamental, ya que estaba situado en las proximidades de una de las rutas o paso más clásico de la meseta, la calzada romana que comunicaba Toledo con Zaragoza por el valle del Jarama y del Henares, y muy cercana a la calzada romana del puerto de la Fuenfría que seguía el curso del Guadarrama.

Con los árabes, Abderramán II (siglo IX), el núcleo juega un papel defensivo que le ha caracterizado hasta ha-

ce bien poco. Madrid era la fortaleza básica de la defensa del reino de Toledo. Al mismo tiempo que completaba y centralizaba un sistema complejo de torres de vigía y castillos que abarcaba el valle alto del Tajo; Torreldones, Torremocha, Torres de la Alameda, y otros tantos lugares cercanos a la cordillera central. Es conocida la muralla árabe madrileña de la que se conservan algunos restos, incluso ocultos entre las edificaciones en las Cavas (por donde entró Ramiro II el año 932), y en la Cuesta de la Vega, cerca del Viaducto, y cerca de Arenal (5).

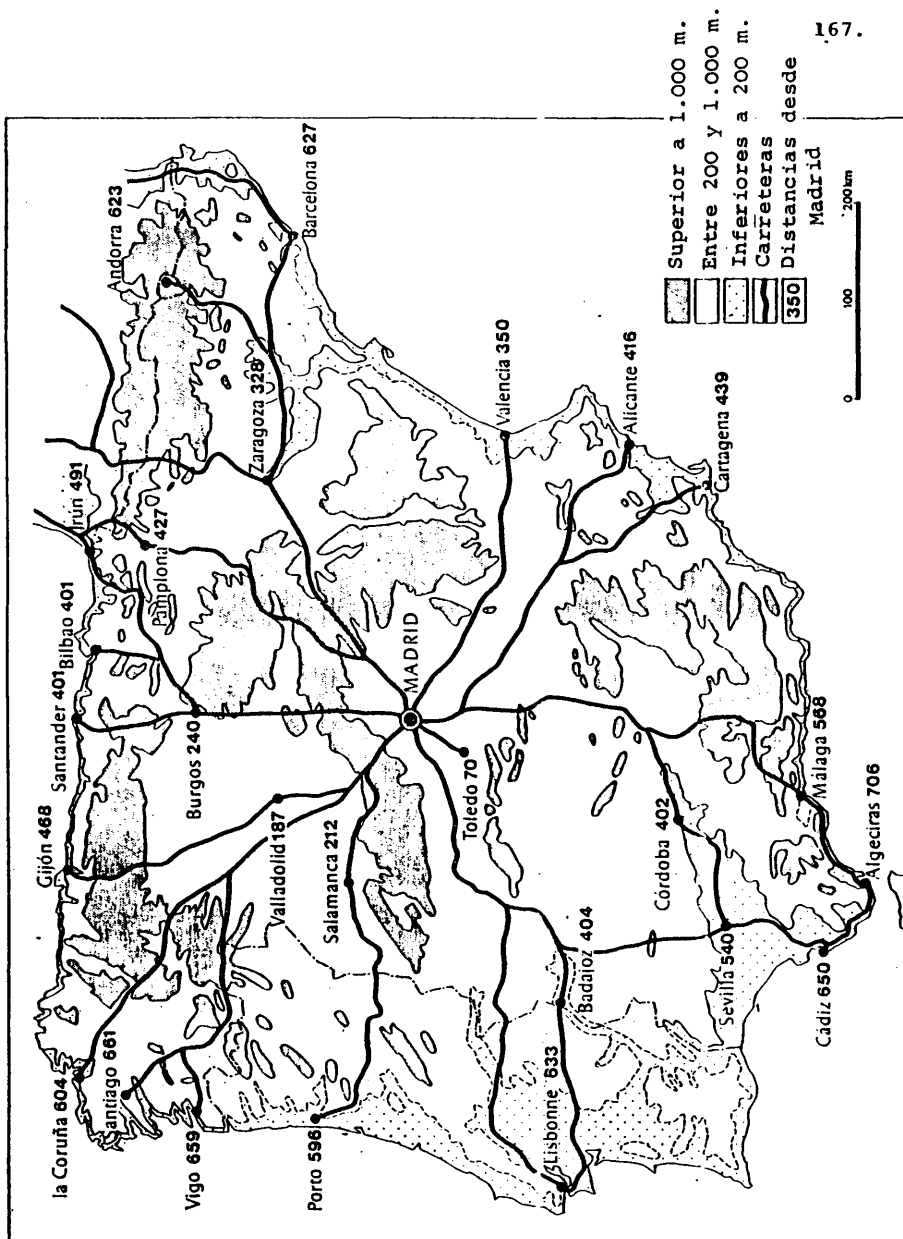
El papel defensivo, ha jugado un importante cometido en la guerra de la independencia, en las cercanías del puerto de Somosierra, y en la guerra civil, por un lado el puerto de los Leones y por otro los valles del Manzanares, (Puente de los Franceses, Ciudad Universitaria, y cerro Garabitas), del Guadarrama (Brunete), del Henares (Guadalajara) y del Jarama (Jarama).

La Reconquista trajo un período de desarrollo con la aparición del concejo y del fuero de 1.145. La ciudad fue adquiriendo importancia y como villa de realengo era visitada por los reyes castellanos con frecuencia, aumentó su valor estratégico, al mismo tiempo que se fue convirtiendo en centro regional en detrimento de Talamanca o de otras ciudades hispano-árabes. Con la edad moderna florecen en Madrid los oficios, los famosos gremios, y es visitada por los Reyes Católicos, por Carlos V que no obstante prefirió Toledo, y por Francisco I prisionero en Madrid donde se pactó el célebre tratado.

Felipe II fue el que la convirtió en sede de la Corona de un estado multinacional, dada la proximidad del Escorial, pero además por otros motivos o aspectos favorables:

- Era zona de paso con puertos y comunicaciones con toda la península.
- Existía abundante caza y espléndida vegetación de encinas.

Fuente; Huetz de Lempz.



- El aire era puro, no había excesivas nieblas ni fuertes fríos.
- El agua era abundante y de buena calidad, durante su reinado aumentaron los viajes y a seis metros de profundidad existían acuíferos para abastecer a una población de 6.000-10.000 habitantes.
- Tenía una ventaja sobre Toledo, para Felipe II, que era el ser Villa de realengo, por lo que su elección significaba evitar problemas de jurisdicción con el Arzobispado.
- Estaba situado en el Centro geográfico de España. Como dice Huetz de Lemp (mapa n° 1). El centro geográfico de la Península es el Cerro de los Angeles, a pocos kilómetros de Madrid. 40° 24' Norte y 3°41' Oeste. Equidistante de cualquier punto de la periferia. Era además ciudad castellana, cuyo alcázar se había mantenido fiel a los imperiales en la guerra de las comunidades, mientras el concejo fue comunero. No era por tanto, ciudad periférica, ni aragonesa, ni portuguesa ni andaluza. Estaba en el corazón de la meseta, con buenas comunicaciones en sus puertos de montaña y al mismo tiempo defendida por los mismos. Este hecho venía a reforzar el creciente "nacionalismo" de la Monarquía, mas desarrollado en el Conde Duque y en los Borbones, que fueron los que mas la engrandecieron y embellecieron, que en los Austrias. Todos los factores favorables (6) tienen como contrapartida otros desfavorables como son:
- La falta de materias primas y de abastecimiento primario, con frecuentes crisis de "subsistencia", uno de ellos fue el conocido Motín de Esquilache.
- Problemas de sequía, ya que el aumento de la población y las talas del Encinar, para la construcción y para los sistemas de calefacción hicieron que se tuvieran que incrementar las redes de captación de los viajes. Con todo el abastecimiento de agua era insuficiente.

No es una ciudad renacentista, ni barroca, sino un conjunto de caserones manchegos, desagradables que causaban mala impresión a los visitantes. Además la suciedad era bastante general, las basuras se amontonaban en las calles con el peregrino propósito de eliminar "la sùtileza del aire". Por otro lado, la falta de materiales nobles, madera, marmol, pizarra, hacía que la ciudad tuviera un aspecto pueblerino, con construcciones de una planta para evitar "la regalía de aposento", y hasta los palacios eran de aspecto sencillo. Las calles se adaptaban por lo general a las pendientes y a los arroyos, por lo que resultaban tortuosas y de difícil acceso.

En los siglos XVI y XVII, Madrid se convierte en un "desierto", merced a las citadas talas abusivas del primitivo encinar; Este hecho era citado por los viajeros que venían de cortes extranjeras (7). Al mismo tiempo se produjo un empobrecimiento del entorno macrorregional debido en gran parte a las pestes, expulsión de judíos y moriscos, emigración a América, guerras europeas, etc.

En definitiva, la localización y el definitivo desarrollo de Madrid fue un proceso fundamentalmente borbónico, en un aspecto histórico, y de la era del General Franco en el apartado de la industrialización. Los Borbones la hicieron capital administrativa y el estado franquista potenció su industria para darle mayor dinamismo; en este aspecto hay que decir que los primeros planes que se pensaron para Madrid en la postguerra lo hicieron con una industria especializada, ya que por la mente del General no pasaba el crear un potente foco industrial con un proletariado que pudiese resultar conflictivo. Este es un hecho a destacar en la singularidad de Madrid; el proceso de industrialización (8) con diversas causas:

En recursos naturales no existen materias primas como factor que justifique una industrialización.

El factor político ha sido uno de los determinantes, pero no tanto como se pueda creer. No es único, ni excepcionalmente único. Ha habido unos factores desencadenantes al margen de la política de cierta consideración como el efecto urbano que provoca un proceso multiplicador, y en segundo lugar las "Economías de aglomeración", unas industrias atraen a otras, lo que unido al efecto urbano crea un generador importante de recursos potenciales. Sin embargo el proceso de crecimiento se acelera con la intervención estatal del INI después de la guerra y con la potenciación de la centralidad como nudo de las comunicaciones, ferrocarril, aeropuerto, autopistas, mejora de las carreteras, etc. Ha habido, sin embargo, otro proceso, que no puede pasarse por alto; que es centro de mercado de capitales y sede de los bancos mas importantes del país, al mismo tiempo que posee un comercio especializado y la mayor concentración de servicios a nivel nacional. Madrid, es la capital en la que el sector servicios está mas desarrollado, con las provincias de Baleares, Málaga y Santa Cruz de Tenerife, aunque en estas últimas el factor fundamental de servicios es el turismo, mientras que en Madrid son los servicios privados y los públicos de la Administración del Estado.

NOTAS 2.1.

- (1) Un claro exponente de las variables comunes a todas las ciudades puede ser apreciado en cualquier manual de geografía urbana, o en una colección de artículos ya famosos. Scientific American: La ciudad. Alianza Editorial. Madrid, 1.967. Págs. 7-80. Sin embargo, en esta misma selección existen procesos urbanos estudiados y analizados de forma singularizada: Calcuta, Estocolmo, Nueva York.
- (2) López Izquierdo, R.: Los Carabancheles. En Madrid de Espasa Calpe. Madrid, 1.979. Tomo VII, págs. 391.
- (3) Oliver Asín, J.: Historia del nombre de Madrid. C.S.I.C. Madrid, 1.956. 412 págs.
- (4) Muñoz Muñoz, J. "Las Ventas del Espíritu Santo. Estudios Geográfico de un barrio de Madrid". Memoria de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Madrid, 1.975, inédita, pág. 65. Publicada parcialmente en el Boletín de la Real Sociedad Geográfica. Según el Fuero de 1.145, el agua del Abroñigal y de otros cursos de agua y viajes eran jurisdicción y propiedad del Concejo de Madrid, que tenía sus maestros poceros, que solían ser judíos o musulmanes. Sobre la fecha del fuero existe una controversia. Ya que para otros autores el fuero es de 1.212, por la participación de las tropas del Concejo madrileño en la batalla de las Navas de Tolosa y fue dado por Alfonso VIII.
- (5) He tenido la suerte de ser alumno de un insigne madrileño el Dr. D. José María Sanz García, con el que he recorrido el perímetro de la muralla, de la que aún quedan restos, así como otros paseos en los que me enseñó lo mucho que sabe sobre Madrid.

- (6) Estas consideraciones son el resultado de multitud de lecturas durante 5 años entre las que destaco las siguientes:
- AGULLO Y COBO, L.: Madrid en sus diarios. Instituto de Estudios madrileños. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1969. 5 vols.
  - ALBA ABAD, J.: "Historia sintética de Madrid." Estates. Madrid, 1.949.
  - CASTRO LES, V. "Noticiero Guía de Madrid." Imprenta Noticiero Guía de Madrid. Madrid, 1.923.
  - DÍAZ CAÑABATE, A.: "Madrid y los Madriles". Editorial Prensa Española, 1.974.
  - FERNANDEZ DE LOS RIOS, A. Guía de Madrid. Oficina de la Ilustración Española y Americana. Madrid, 1.876.
  - GARCIA CORTES, M.: Madrid y su fisonomía urbana. Sección de cultura e información. Artes Gráficas Municipales. Madrid, 1.950.
  - GOMEZ DE LA SERNA, R.: Elucidario de Madrid. Sección de Cultura. Excmo. Ayuntamiento de Madrid. Madrid, 1.957.
  - HUETZ DE LEMPS: M.A.: "Les grandes villes de Monde". Madrid. La documentation française. París, 1:972.
  - MADOZ, P.: "Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. Madrid. 1.845-1.850.
  - MESONERO ROMANOS, R.: "Manual de Madrid". Imprenta Viuda de Don Antonio Yenes. Madrid, 1.854.
  - MESONERO ROMANOS, R.: "Panorama matritense". Colección renacimiento. Madrid, 1.832.



NÚÑEZ GRANES, P.: Divulgaciones de Urbanización, Principios tenidos en cuenta para el estudio del Plan General de Extensión de Madrid, Edit. Plus Ultra. Madrid, 1.926.

NÚÑEZ GRANES, P.: Ayuntamiento de Madrid. El problema de la Urbanización del extrarradio de dicha Villa desde el punto de vista técnico. Imp. Municipal. Madrid, 1920.

RUIZ DEL CASTILLO, C. y Otros: Evolución demográfica, desarrollo urbanístico, economía y servicios de Madrid. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 1.964.

SAINZ DE ROBLES, F.C.: Madrid, Espasa Calpe. Madrid, 1.952.

SANZ GARCIA, J.M. y CORRAL RAYA, J. del: Madrid 25 años. I.C.L. Madrid, 1955. 533 págs.

SANZ GARCIA, J.M.: Cien años de cartografía madrileña. Mapas y planos de Madrid y su provincia. Editados e impresos por el Instituto Geográfico. Anales del Instituto de Estudios madrileños. C.S.I.C. Madrid, 1.973..

(7) ROBERTSON, I.: Los curiosos impertinentes. Viajeros ingleses por España. 1.760-1.855. Editora Nacional. Madrid, 1.976. Prólogo Manuel Fraga Iribarne.

En este interesante libro se recogen las impresiones de los viajeros ingleses en la España del antiguo régimen; casi todos ellos hacen referencia a la suciedad, a la pobreza de las construcciones, a la falta de arbolado y a la sequía de Madrid y sus alrededores.

EDWARD Clarke: 1.760-61, pág. 39: Dice de Madrid que es una ciudad rodeada de una muralla de barro, calles sucias y estrechas, despoblado de árboles.

JOSEPH BARETTI: 1.760-68-69, pág. 63: Habla del horrible hedor y fétidos vapores de las montañas de basuras que yacen por todas partes. (Como dije esto se hacía con el peregrino propósito de quitarle sutileza al aire).

RICHARD TWIST, 1.773. Habla de las reformas de Carlos III.

WILLIAM DALRYMPLE. 1.774. Se refiere a las murallas de barro (cerca fiscal de adobes). Las viviendas las describe como bajas, mal decoradas y con muebles de estilo primitivo.

MICHAEL JOSEPH QUIN. 1.822-23, pág. 199. Madrid. Se presentó a sus ojos extendida casi como Palmyra en mitad del desierto. (Los franceses que vienen con posterioridad copian esta idea). Ningún bosquecillo, ni alameda sombreada, ni casa de campo, denotaba la cercanía de una gran ciudad.

SAMUEL E. COOK : 1.829-32, pág. 227: Todas las regiones de España soportan la demanda imperativa, no de artículos de lujo, que no puede decirse que existan, sino de las necesidades básicas para la vida de un lugar emplazado en la mitad del desierto, que pronto revertería a su primitivo estado natural, si no fuera por la asistencia adventicia que de fuera le imponen sin cesar.

RICHARD FORD. 1.830-33, pág. 242: Madrid estaba rodeado de un desierto calcinado y feo, árido, sin vegetación ni color.

GEORGE BORROW. 1.836-40. Pág. 292: Madrid era una ciudad pequeña, 200.000 almas, encerradas en murallas de barro, con legua y media de perímetro (7 u 8 kilómetros).

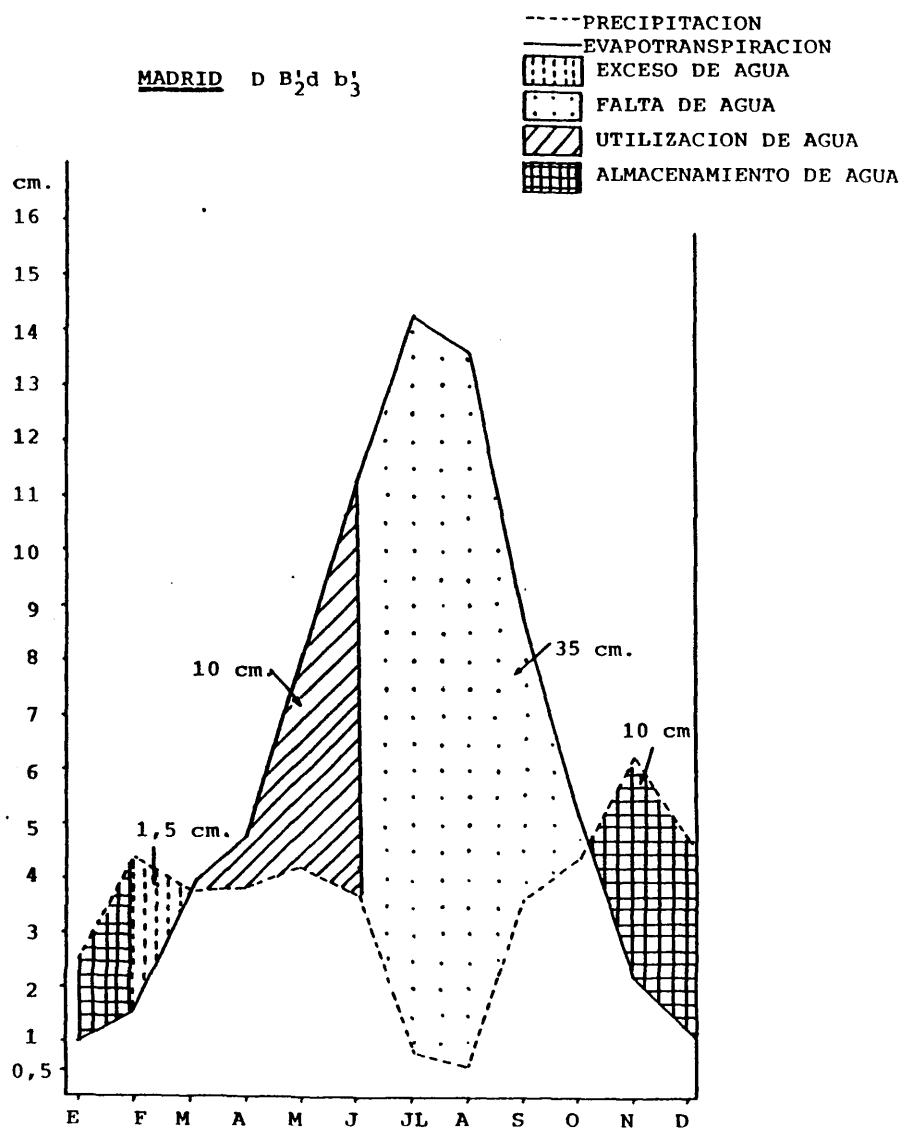
(8) MENDEZ GUTIERREZ DEL VALLE, R.: La industria de Madrid. Tesis doctoral. 2 vols. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense. Madrid, 1.979.

### 2.1.1.2 Madrid en un desierto.

Madrid, es el centro de una región de 200 km. de radio, que se ha ido desertizando con el devenir de los tiempos. El pastoreo abusivo, las rozas (no muy lejos de la ciudad existe un municipio que se denominó así, Las Rozas de Madrid). La construcción, los antiguos sistemas de calefacción basados en el carbón de encina, y por último la desamortización del siglo XIX y el ferrocarril provocaron una tala de la que solamente se salvan los encinares del Real Patrimonio; el Pardo, la Casa de Campo y aquellos lugares que por su lejanía a los ejes principales hacen prácticamente imposible la saca de madera.

Fernández de los Ríos, el madrileñista, hace referencia a este hecho en diversas ocasiones; por ejemplo cita entre las dificultades que impiden el crecimiento de Madrid los siguientes factores: la desigualdad del suelo, lo tortuoso de las calles, lo escaso de las aguas, lo árido de las cercanías, lo pobre de la campiña, lo desigual de las temperaturas... (1). Afirma que el agua era tan abundante que se sacaba a brazo, sin necesidad de cuerda y dice que poco después de establecer la sede de la monarquía al siglo siguiente, se tenían por minas los humildes viajes de Abroñigal y Amaniel. Incluso, habla de cosechas y fértiles huertas que se pierden por falta de agua, los árboles y el ganado desaparecen por el mismo motivo, y termina diciendo que Felipe II destruyó Madrid, quitándole hasta la primavera. En cierta medida y de forma exagerada lo compara con Atila (2). En otros puntos hace referencia a la falta de arbolado en los municipios de los alrededores.

Las citas de geógrafos e historiadores entre los que se incluye viajeros y eruditos, sobre la aridez de Madrid son numerosas, Pierre Mombeig (3) por ejemplo, afirma que Madrid surge como una ciudad artificial en un desierto, y hay quien la compara con la Palmyra siria (4). Casas Torres (5), critica de forma reflexiva estas afirmaciones exageradas,

MADRID D B<sub>2</sub>d b<sub>3</sub>

Elaboración personal.

"Madrid no ha sido nunca una ciudad artificial, entre otras cosas, porque las ciudades artificiales mueren apenas nacidas. Es posible que las condiciones del medio no sean lo suficientemente idóneas para el desarrollo de una gran ciudad, pero hoy día la técnica y la mente humana tienen mecanismos tan sofisticados que pueden solucionar cualquier problema que pueda surgir, siempre que se posea la voluntad y los recursos para mantener una ciudad de mas de cuatro millones de habitantes."

Por otro lado, Madrid con ser una ciudad de clima DB'<sub>2</sub> db'<sub>3</sub> según la clasificación del geógrafo americano C. Thornthwaite, es decir, Semiarido, Mesotérmico, con pequeño o ningún exceso de agua y con verano mesotérmico, que indica cierta continentalidad, en un contexto de mediterraneidad con sequía estival de cinco meses, no son, evidentemente, características típicas de un clima desértico. Además en el gráfico adjunto se puede apreciar como <sup>en</sup> Madrid entre enero y marzo se produce un exceso de agua que se elimina por escorrentía (6).

También, en Madrid, existen acuíferos suficientes hasta 500 m. de profundidad para, sino abastecer a la ciudad de forma total, si para dar agua suficiente a los riegos y ciertos servicios públicos, dada la capacidad de recarga tan importante con la que cuentan. Además, <sup>en</sup> ~~apesar~~ de la sequía, las condiciones no son tan críticas que no permitan los procesos vegetativos, ya que llueve de forma suficiente para la formación y desarrollo de una vegetación arbórea mediterránea, y las temperaturas son bastante agradables. Cuenta, por otro lado, con las reservas de agua del Sistema Central y de los ríos cercanos. Otro hecho, es que algunos recursos no estén explotados por ser antieconómicos o porque resulta más fácil <sup>una</sup> ~~realizar~~ <sup>mas</sup> determinadas captaciones <sup>que</sup> otras.

En definitiva, Madrid, en relación con el abastecimiento de agua, puede parecer milagroso, como un espejismo, pero lo

es en función de la óptica conque se mira; es como un hecho subjetivo, particularmente si se atraviesa el sur de la Meseta y se llega a nuestra ciudad por los ejes Sur, de Andalucía, y Este, de Levante, donde los yesos de la <sup>VALLE CAS</sup>facies <sup>recuerdo</sup>le confieren un aspecto subdesértico, que es el <sup>que</sup>prevalece en muchos de los ilustres viajeros y eruditos que nos visitaron otrora.

#### NOTAS.-21.1.

- (1) FERNANDEZ DE LOS RIOS, A.: "El futuro Madrid". Los Libros de la Frontera. Barcelona, 1.975, pág. 18.
- (2) Idem.: "El futuro Madrid". Op. cit. págs. 31 y 237. La obsesión principal de este autor es aumentar las zonas de regadío de los alrededores de Madrid con los sobrantes del Canal de Lozoya, haciendo hiciapié en la sequía de la ciudad y los municipios de los alrededores.  
Idem. "Guía de Madrid". Abaco, Madrid, 1.976, 3ª edición, pág. 37. "Profundizando en la idea de lo que Felipe II significó para Madrid dice: Durante el reinado de Felipe II, el agua era muy abundante, así como el arbolado y el clima resultaba dulcificado, mientras que en el de Felipe III ya había que mezclar el agua de Madrid con el de noria.  
Otros autores, sin embargo, hacen constar que Felipe II fue un gran rey para Madrid, ya que salvó de la tala los bosques del Real Patrimonio al comprar la Casa de Campo y parte de los montes del Pardo.
- (3) GUINARD, P. y MOMBEIG, P.: "Madrid". Ann. de Geographie. 1.932, págs. 481-499.
- (4) OLAGUE, J.: "Madrid y la sequía". Instituto de Estudios Madrileños. Madrid, 1.955. Este autor, habla de la sequía de Madrid y propone entre otras cosas una muy lógica, como

es la descentralización industrial de Madrid, (descongestión) en zonas donde el agua sea abundante, entre otros lugares propone Aranjuez y la sierra madrileña. Dedicando el agua industrial a la creación de jardines y apunta una hecho de indudable sentido común: la creación de ciudades satélites con medios rápidos de comunicaciones con zonas industriales y residenciales afirmando, por último que las grandes ciudades son antieconómicas, antisociales y antihigiénicas.

(5) CASAS TORRES, J.M.: "El Canal de Isabel II y el desarrollo de Madrid". Conferencia dictada en el auditorio del Canal de Isabel II. Madrid, 17 de mayo de 1.979.

(6) TAMES, C.: "Bosquejo del clima de España, según la clasificación de C.W. Thornthwaite. INIA, vol. IX, n° 2. págs. 20-70.

### 2.1.2. Madrid y el río Manzanares.

Otro elemento de la singularidad de Madrid es que está de espaldas a un río, el Manzanares, que ha servido como foso natural defensivo y de ruptura del continuo urbano, pero no ha tenido nunca utilidad para aprovechamientos hídricos, salvo los lavaderos y algún molino o batán

Sobre un río insignificante (1) la ciudad ha crecido sin tenerle en cuenta; es más, ha sido blanco de burlas de propios y extraños; recojo algunas de ellas: Oliver Asín: (2) por ejemplo, "en cuanto al río, la verdad es que el origen de Madrid no se puede comprender por razón del Manzanares, pues jamás se pudo aprovechar, ni para el riego de la campiña madrileña, ni para el abastecimiento de agua a la ciudad, pues tanto la villa como su campo están a una altura considerable respecto del río, e incluso a tanta distancia y con tanta pendiente, que ni siquiera cabe el establecimiento de norias fluviales gigantescas al estilo de las hubo en Toledo (Artificio de Juanelo). En realidad, el Manzanares no ha sido propiamente el río de Madrid sino el de los pueblos de este valle, que acudían a moler el trigo en los molinos de su cauce. Sólo cuando Madrid fue Corte, empezó a ser el río especialmente útil para la Villa, "cuando su espuma se hizo jabón y sus orillas lienzo", como decía Lope, hasta cierto punto esto es cierto, es real, pero no hay que olvidar la localización en sus orillas de los restos prehistóricos y las villas romanas de Carabanchel que de alguna forma se sirvieron del río.

Otras burlas son recogidas por Deleito (3) "la escasez de agua de este río contrastaba con las grandezas cortesanas", (en especial con el boato de la corte durante la privanza del Conde Duque), "a cuyo lado corrían, y con la fábrica majestuosa de la puente segoviana, levantada unos años antes por Juan de Herrera, para cruzar su imaginaria corriente. De aquí, la sá-



tira habitual de los poetas españoles y aún de los visitantes extranjeros de aquel siglo, contra el Manzanares, las que si se coleccionaran, formarían una antología curiosa. Es verdad que mas había arenas que agua, y por eso fue utilizado para lugar de paseo, por el que circulaban peatones, caballos y carrozas, como por las alamedas del Prado. El embajador de Alemania decía que era navegable a caballo y en coche. Brunel , ponderando la pequeñez del Manzanares que su nombre es mas largo de lo que el es ancho. Refiere el mismo autor "cuando los viajeros llegan al puente de Segovia -añade Mme. D'Aulnoy- suelen reirse mucho, pareciéndoles ridículo que se haya construído un puente tan hermoso y tan largo sobre un cauce sin agua; algunos han escrito con gracia que aconsejaría la venta del puente para comprar agua con el producto. Otros solían decir "este puente espera al río como los judíos al Mesías".

He aquí algunas de las burlas:

Lope de Vega hace decir al Manzanares a propósito del puente de Segovia:

Quíteme acá esta puente, que me mata  
señores regidores de la Villa,  
miren que me ha quebrado una costilla,  
que, aunque me viene grande me maltrata.

Góngora:

Manzanares, Manzanares,  
vos que en todo el acuatismo  
duque sois de los arroyos y vizconde de los ríos,  
.....  
Enano sois de una puente  
.....  
que no eres río para media puente.

Tirso refiriéndose al Manzanares y a los ojos del puente dice:

Lágrimas de tales ojos

Quiñones de Benavente hace hablar al puente:

Al río sirvo de puente  
mas no son leyes iguales  
que el no me sirve de río  
ni para darme un alcance.

Sobre la falta de agua se recogen una serie de burlas:

Romance anónimo:

En estos verdes prados, que Manzanares riega  
con agua de mis ojos, que suya no la lleva.

Góngora:

Bebiote un asno ayer y hoy te ha m...

Quevedo:

Mas agua trae un jarro  
cualquier cuartillo de vino  
de la taberna, que lleva  
Manzanares.....

El mismo autor,

Manzanares, Manzanares  
arroyo, aprendiz de río,  
.....  
muy hético de corriente  
muy angosto y muy roído  
con dos charcos por muletas  
en pie se levantó y dijo:  
tiéneme del sol la llama  
tan chupado y tan sorbido  
que se me mueren de sed  
las ranas y los mosquitos.  
Yo soy el río avariento  
que, en estos infiernos fritos,

una gota de agua sola  
para remojar-me pido.

Tirso:

Anda enfermo de gota, que va a morir de mal de orina.  
río calvo, río colegio con vacaciones en verano y curso sólo  
en invierno.

Núñez de Castro, afirma que la escasez de agua es una gran ventaja para eludir el riesgo de que nadie se ahogue en ellas. El único defensor que tuvo fue Lope que le llama: Ilustre río, enojo del Tajo, emulación del Henares, excedes del Tajo la corriente caudalosa, (supongo que lo escribiría en un año húmedo en los que el río se solía desbordar). Deleito termina diciéndole que para bien o para mal, hizo correr mas tinta a los escritores que agua circulaba por su cauce.

Fernández de los Ríos (4) recoge una serie de comentarios (4) "buen legado el de Felipe II, hacer la capital a orillas de un río que sólo sirve para que todo el mundo se ría de ella". Y recoge unas anécdotas a propósito de este hecho: "De Dumas, que cuando estuvo en Madrid pidió un vaso de agua a un aguador, se bebió la mitad y el resto mandó regalarla al Manzanares que estaba sediente de ella. O aquel famoso parte de guerra francés, dando cuenta de la hazaña de los soldados de Napoleón que vadearon el Manzanares con los sables en la boca, sin duda para que no les entrara el polvo. Sin embargo, termina diciendo que sus aguas son finas y muy apreciadas", supongo que aguas arriba.

Oliver Asín recoge dos sátiras de Lope: la primera datada después de 1.625.

Que es una cosa muy vil  
digna de que la repares  
que esté cerca Manzanares  
y dependamos de abril.

O una adivinanza, que se explica por la Corte, y los viajes que abastecían de agua a Madrid:

Que tiene y no tiene río  
que está en alto y no está en alto  
que es limpio y que no es muy limpio  
que llueve en él y hace sol  
que tiene y no tiene frío.

Por último Sanz García y del Corral (6) utilizan, para indicar la falta de agua en el río, una serie de sátiras:

Zavaleta dijo de él, "humedece este sitio dividido en islas, Manzanares, poco más que si señalaran la tierra con el dedo mojado en saliva. Quiñones de Benavente dice: ¿Dónde está Manzanares? ¡Como no viene, algo tiene en Agosto que le detiene.

Tirso de Molina:

No os corraís, Manzanares  
mas cómo podeís correr  
si llegaís tan despeado  
y de gota estais enfermo.

Según arena criáis  
y estais ya caduco y viejo  
morireis de mal de piedra  
como no remedie el cielo.

Sin embargo, el Manzanares juega en la actualidad un papel de cierta dignidad, desde el 5 de febrero de 1.943 en que se creó el Consejo de Administración de la Canalización del Manzanares. Si bien no sirve como río abastecedor de agua, tiene una utilidad importante:

- 1) En sus orillas se ha construído una magnífica autopista de circunvalación, la M-30
- 2) Abasteci6 en una época de urgencia, por medio de la presa recrecida de Santillana II, la ciudad de Madrid de agua.

3° En sus riberas, al Norte de la ciudad, se ha creado un potente área de servicios de recreo; Somonte, Parque Sindical, (Hoy Ciudad Deportiva Puerta de Hierro), Playa de Madrid, Club Puerta de Hierro, Hípica, Hipodromo, etc. Máxime si se piensa en un futuro parque sobre los montes de El Prdo con dos líneas de suburbano, una autopista, áreas de recreo con embalse para practicar la natación y los deportes nauticos, etc. (7).

4° Es además el vertedero de la ciudad. Sobre el que se asientan las estaciones depuradoras al Norte y Sur de la misma.

5° Por último, el aspecto de foso urbano ha sido eliminado con la creación del suburbano y del metro, que han permitido el crecimiento de la ciudad hacia el sur y suroeste.

En la actualidad se ha suprimido el Consejo de Administración de la Canalización del Manzanares y se hace cargo de la depuración y limpieza el Canal de Isabel II, con lo que éste "Sendero andante", como lo definió Pérez de Ayala, será en el futuro un río más limpio y oxigenado, gracias al Plan de Saneamiento integral de Madrid y a la creación de nuevas depuradoras.

Para mí, la solución más racional que se le puede dar al río, es superponerle la M-30, y crear en sus riberas, hoy ocupadas por el asfalto de la autopista, unas zonas verdes paralelas que absorban la contaminación del río, y de forma esencial supriman los malos olores y los insectos.

NOTAS 2.1.2.

- (1). HUETZ DE LEMPS, M. A. : "Les Grandes Villes du monde : Madrid". La documentation française, París, 1972. Pág 1.
- (2) OLIVER ASIN, J. : "Historia del nombre de Madrid". C.S.I.C. Madrid, 1954. Pág 16
- (3) DELEITO PIÑUELA, J. : "Sólo Madrid es corte. La capital de dos mundos bajo Felipe IV." Espasa Calpe. Madrid, 1968. Tercera Edición. Págs 77 y ss.
- (4) FERNANDEZ DE LOS RIOS, A. : "Gufa de Madrid". Abaco. Madrid, 1976. Pág. 400.
- (5) OLIVER ASIN, J. : "Historia del nombre de Madrid" Op. cit. Pág. 109 y 143.
- (6) SANZ GARCIA, J. M. y CORRAL, J. del: "Madrid es así". Servicio comercial del libro. Madrid, 1955.
- (7) Existe en la Revista de Obras Públicas del año 1972 un trabajo sobre el anteproyecto que pretendía convertir el Monte del Pardo en un nuevo pulmón de Madrid.

## 2.2. El abastecimiento a una gran ciudad y otros factores que individualizan Madrid

El agua (1) constituye una necesidad fundamental para la vida del hombre que siempre procuró fijar su residencia donde le era fácil procurarse la que circula libremente por la tierra. Sin embargo, pronto hubo de excavar pozos y cisternas para captar y recoger el elemento líquido cerca de la casa o grupo de casas. Al aparecer las primeras aglomeraciones de personas y las primeras ciudades se suscitó el problema del abastecimiento de aguas, resuelto primero aisladamente (fuentes, pozos y cisternas) y luego colectivamente (acueducto). Así, la captación y conducción de agua potable de los manantiales a los lugares de consumo representa acaso el primer servicio público registrado entre los hombres.

"La justificación de la influencia de los abastecimientos en el crecimiento de las ciudades (2) realmente no es preciso hacerla ante un auditorio de técnicos, pues aquella frase de que "a las poblaciones hay que regarlas para que crezcan" es una realidad que hoy día no se discute. Pero, si alguno tiene la más ligera duda de que es imposible la urbanización y ensanche de una población sin tener asegurado el abastecimiento de agua, bastará examinar cualquier gráfico demográfico de cualquier ciudad y observar el aumento prodigioso de la misma en cuanto tiene resuelto su abastecimiento, con su secuela forzosa de saneamiento, como es natural.

Para el caso de Madrid, Paz Maroto (3) afirma: "Con la construcción de un suministro de aguas (1.854-58) que colocabá al Madrid de entonces a la cabeza de los mejores abastecimientos mundiales se elimina el principal obstáculo que

la población pueda encontrar: la falta de agua. Este hecho, es evidente, Madrid ocupa durante siglos las zonas bajas de un área de colinas; se extiende por las vaguadas principalmente, donde el agua de los viajes llegaba por gravedad, de aquí que las zonas altas, que no podían tener agua, no se urbanizaron hasta casi épocas actuales. Por ejemplo, los altos del Hipódromo, la carretera mala de Francia, etc.

Según la Información técnica del Canal de Isabel II de 1980 (4), Madrid cuenta con una población abastecida de 4.127.000 habitantes, con un consumo anual de 453.351 Hm<sup>3</sup>, que supone un caudal medio de 14,3 m<sup>3</sup>/segundo, y una dotación específica de 301 l/habitante y día (este valor está estancado desde 1969 aproximadamente); en algunos días de verano se sobrepasan caudales del orden de los 24 m<sup>3</sup>/segundo.

Con ser el abastecimiento de agua uno de los factores que singularizan Madrid, no sólo por la complejidad del sistema, sino también por el proceso histórico de su desarrollo no es suficiente. Es por tanto necesario tratar de establecer otros hechos singulares:

El primero de ellos que tiene un especial incidencia en el abastecimiento de agua, es la calidad de la vivienda, ya que en Madrid habrá una relación importante entre ésta y el consumo de agua. Coplaco (5), divide el área metropolitana en unidades de análisis, que he comparado con los barrios de Madrid en el mapa 1 según la delimitación del Ayuntamiento. Estas unidades de análisis permiten la localización por un lado de la infravivienda y por otro de las zonas donde los servicios higiénicos son incompletos (mapas 2 y 3). Estos valores van a tener una importancia decisiva en el consumo de agua:

Por un lado la infravivienda, mapa 2, nos va a permitir saber donde están los barrios con edificación de chabolas y casas bajas, hecho que va a repercutir en un menor consumo



de agua, ya que la mayor parte de las construcciones de este tipo se hacen sin las debidas garantías de sanidad. Examinando el mapa 2, nos damos cuenta que el corazón de la ciudad carece de infravivienda, únicamente aparecen algunas zonas en el distrito 6, (unidad de análisis de Coplaco 4), y no por el eje de la Castellana, si no por los barrios 64-65, donde el chabolismo o la autoconstrucción es bastante general. Las unidades de análisis 1, 2, 3 y 5, es normal que no tengan infravivienda, ya que es el área urbana más compacta y donde los precios del suelo son más altos y por tanto tienen una incidencia mayor en la edificación, (en 1975 el valor del suelo sobre lo construido variaba en esta zona entre 11.000 y 28.000 pesetas  $m^2$ , y en la actualidad, 1981, debe estar en 75.000 pesetas/ $m^2$ ), por lo tanto, el precio del suelo desaconseja su utilización en chabolas y casas de una o dos plantas. Es más, en la zona de El Viso las edificaciones están siendo utilizadas para usos distintos de los originales, y los edificios unifamiliares se convierten en oficinas, clínicas, colegios, etc.

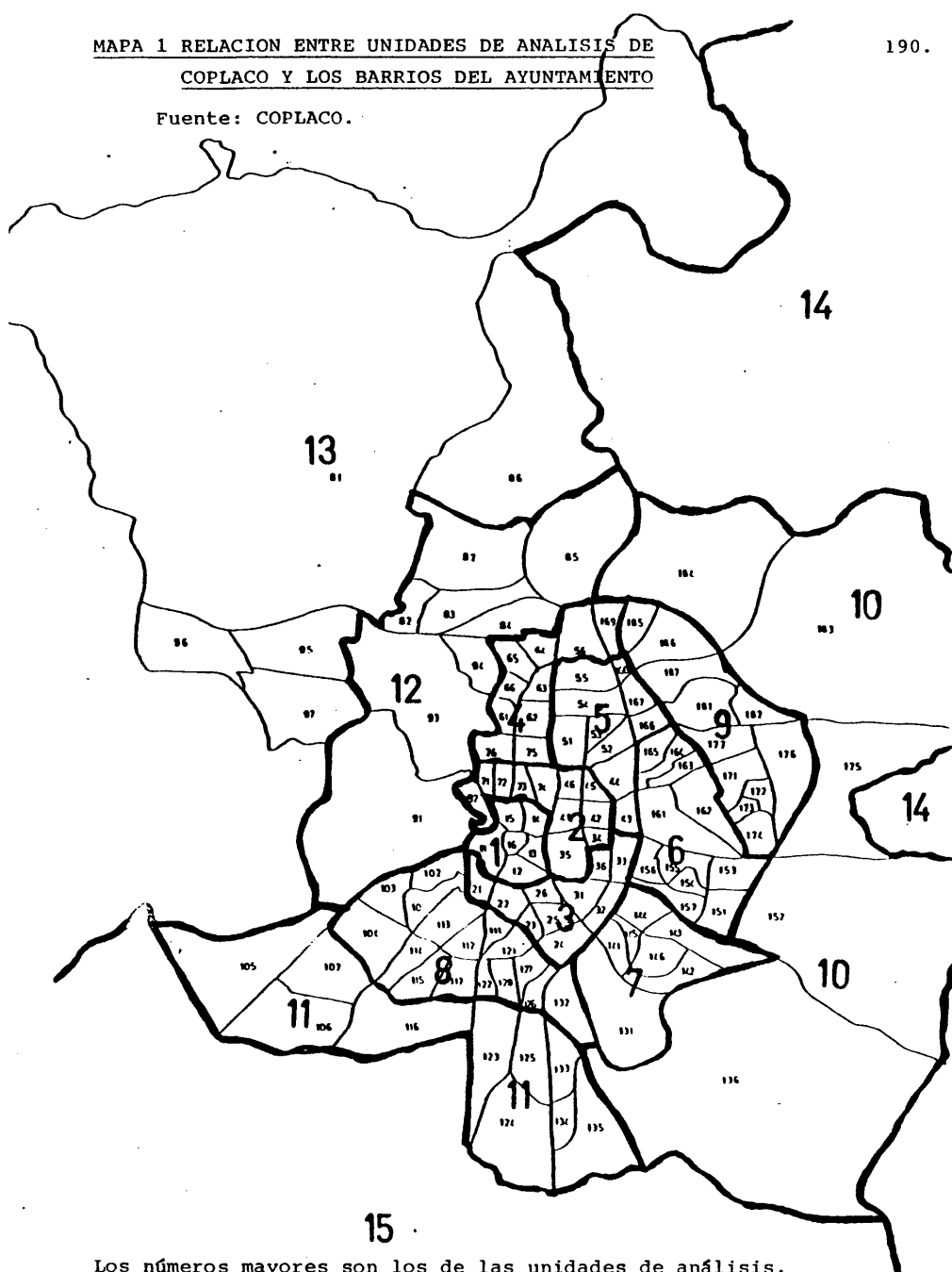
Las unidades de análisis 8 y 9 no dan infravivienda porque se trata de zonas con mucha densidad de edificación de los últimos 25 años, por lo que la infravivienda ha sido sustituida de forma rápida por edificios de mayor altura, pero en la unidad de análisis 9 debería aparecer un porcentaje mayor de chabolismo, que queda oculto ante las cantidades masivas de edificaciones nuevas, particularmente en el barrio de Aluche, 104. La zona oeste de Madrid, unidades de análisis 11 y 13, no tienen casi zonas de infraviviendas, salvo en la zona 12, y muy localizada en Peña Grande, cercanías de El Pilar y Puerta de Hierro, donde han proliferado los barrios de lata, en pocos años, ocupados por personas dedicadas a la "busca" y a la "chatarra".

El problema de la infravivienda es particularmente importante en el este y sur de nuestra ciudad, y llega al máximo

MAPA 1 RELACION ENTRE UNIDADES DE ANALISIS DE  
COPLACO Y LOS BARRIOS DEL AYUNTAMIENTO

Fuente: COPLACO.

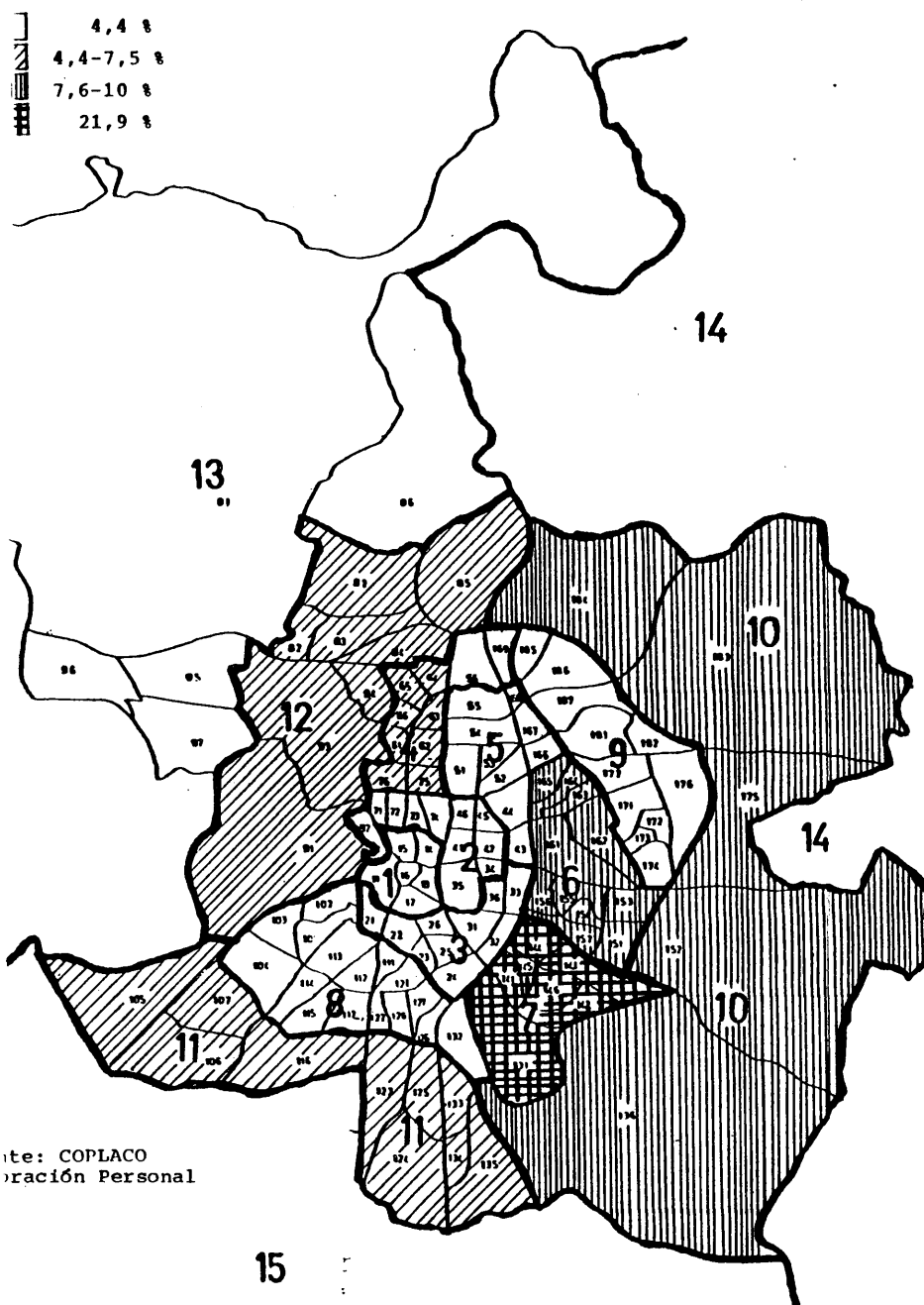
190.



Los números mayores son los de las unidades de análisis.  
Los números pequeños son los de los barrios de Madrid.

MAPA 2 LOCALIZACION DE INFRAVIVIENDAS EN MADRID

191.



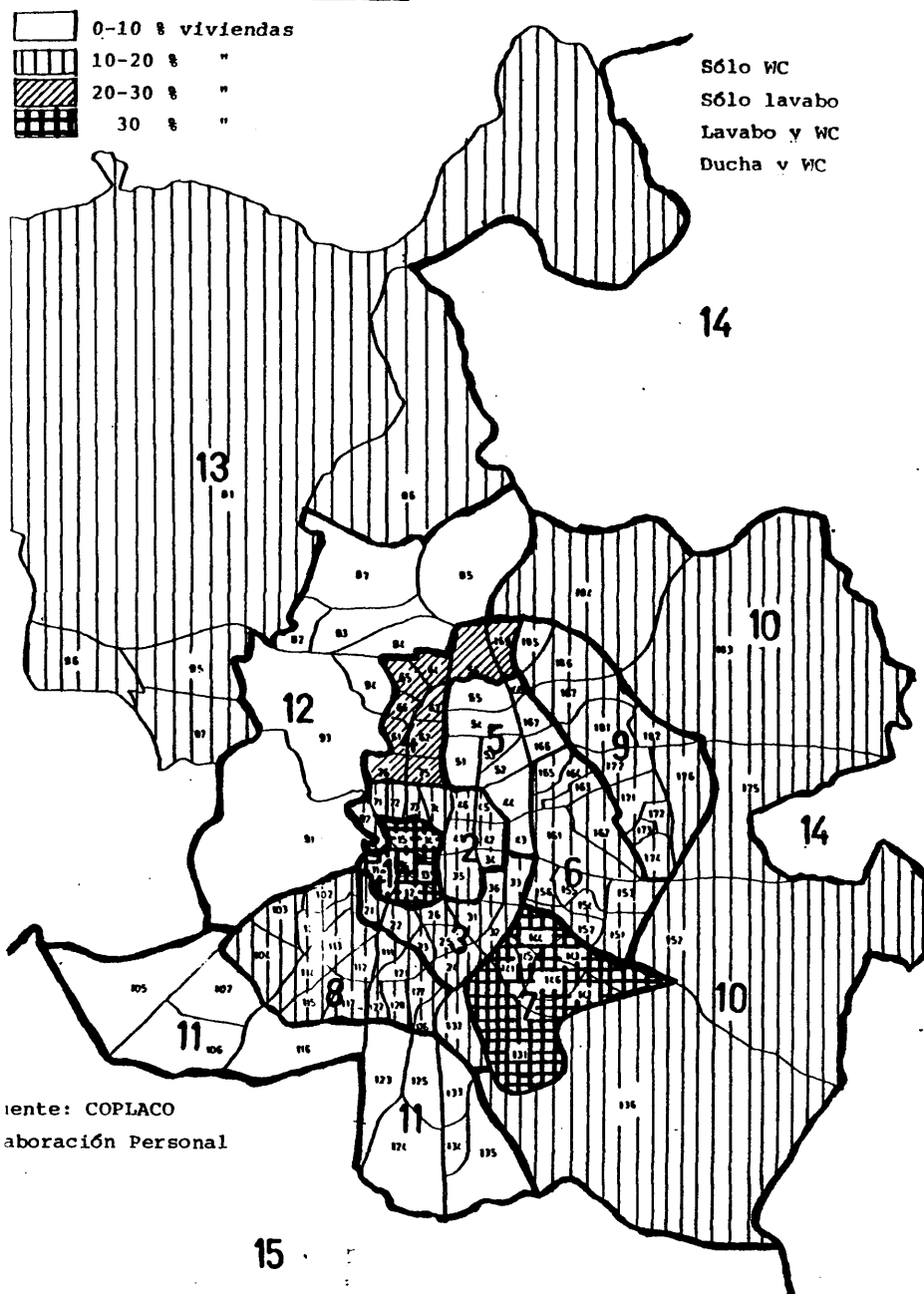
fuente: COPLACO  
elaboración Personal

en la unidad de análisis 7, es decir, el distrito 14, Vallecas, donde una de cada cinco viviendas es infravivienda, este hecho tendrá una notable incidencia en el consumo de agua como veremos. Vallecas y la zona de Ventas-Pueblo Nuevo, en la zona de análisis 6, tienen también un alto valor de infravivienda, al igual que la unidad de análisis 10, que comprende la periferia este, Vallecas villa, Barajas, Vicálvaro, etc. Por último, en la zona sur (unidad 11), con valores altos, no son tan elevados como en los casos anteriores por la cantidad importante de construcción reciente.

Respecto a las viviendas sin servicios higiénicos, mapa 3, hay que hacer constar que existen zonas con viviendas que sólo tienen WC y lavabo, a mi entender, no están infradotadas de servicios higiénicos, por que no son realmente viviendas, tal es el caso de la unidad de análisis 1 de Coplaco, que se corresponde con el distrito 1 del Ayuntamiento, en el que si bien hay valores de infradotación en las viviendas no lo son en la cantidad que afirma la fuente consultada, ya que existen un gran número de edificios en los que las viviendas han sido habilitadas para oficinas, que no necesitan servicios higiénicos completos, pero por otro lado consumen gran cantidad de agua. Coplaco entiende que son viviendas sin servicios higiénicos completos las que poseen sólo WC, sólo lavabo, lavabo más WC, y ducha más WC.

Los barrios más infradotados a excepción del centro, son los de la zona de Vallecas, unidad de análisis 7, que coincide con la zona de infraviviendas, aquí más del 30% de las viviendas carecen de servicios higiénicos completos. Otra de las zonas de mayor cantidad de viviendas sin servicios higiénicos es el área de Cuatro Caminos-Tetuán, en especial los barrios 64 y 65 en los que aparece chabolismo. Existe una clara relación entre viviendas sin servicios higiénicos completos y antigüedad de la edificación, de ahí, que en los barrios centrales aparezcan de un 10 a un 20% de viviendas sin

**MAPA 3 VALORES PORCENTUALES DE VIVIENDAS SIN SERVICIOS  
HIGIENICOS COMPLETOS.**

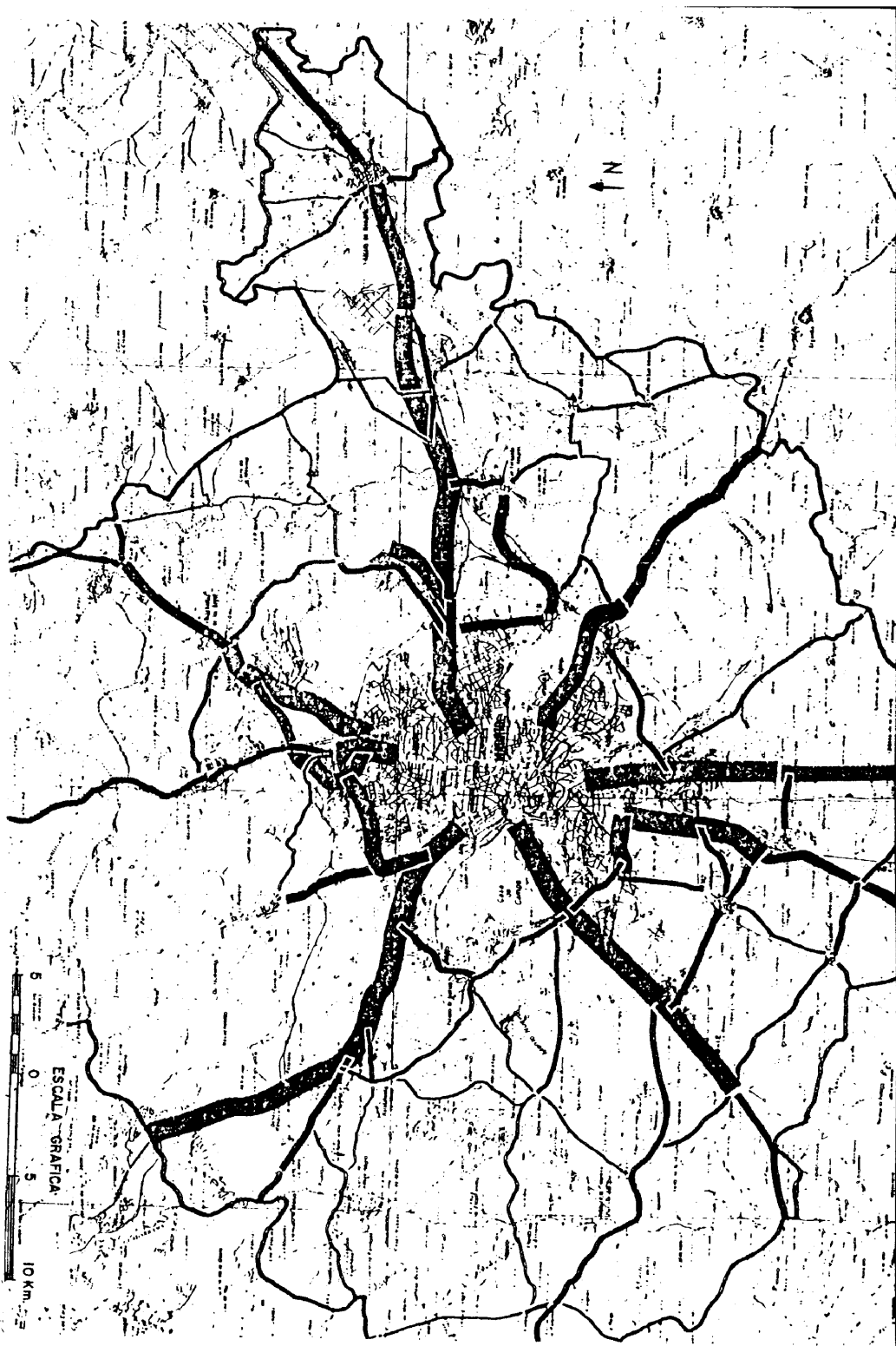


servicios higiénicos, mientras que en los barrios periféricos las viviendas sin servicios higiénicos completos están en relación con la infravivienda. De todas formas, aparecen casi vacíos de viviendas sin servicios completos los barrios de las unidades de análisis, 2, 3, 6, 8 y 9, además de la 11, en el sur, por ser de edificación reciente esta última. Los barrios ricos del oeste, unidad de análisis 12 y 13 o los del norte, unidad 5, aparecen sin problemas de servicios higiénicos, ya que todas las edificaciones son relativamente modernas, de alta categoría y los valores de falta de servicios higiénicos son menores del 10%.

Otro hecho que tiene gran importancia en la individualización de Madrid y su abastecimiento es el factor de los transportes, en sus tres vertientes: ferrocarril, carreteras y aéreo. Por lo que respecta al ferrocarril, Madrid es el centro de la red, con un curioso entramado de estaciones y líneas que enlazan con toda España, (sobre este aspecto existe una tesis doctoral magnífica (6) que trata sobre la evolución de la red y la distribución actual). Es de hacer notar que el movimiento de pasajeros en 1977 alcanzó casi los ocho millones y medio con un movimiento de mercancías de 5,3 millones de toneladas métricas.

El transporte por carretera tiene en Madrid un aspecto notable, que podría ser definido por la congestión en las vías de acceso de los núcleos cercanos a la ciudad, tal como se puede apreciar en el mapa 4 de 1974 (7). También, es el centro de la red nacional de carreteras y gran parte de las mercancías y pasajeros que llegan a la ciudad lo hacen en este sistema de locomoción, de cualquier forma, difícil de evaluar.

Madrid, es el centro del transporte aéreo (8) no sólo nacional, sino que juega un improtante papel entre Europa, América y Africa, con un movimiento de aeronaves en 1977



superior a las sesenta y dos mil, de pasajeros cercano a los once millones, contando entradas y salidas, y un importantísimo movimiento de mercancías (9).

Otro de los aspectos fundamentales en el abastecimiento es el consumo de energía y otros productos energéticos.

Por lo que se refiere a la electricidad, existen tres compañías abastecedoras con los siguientes consumos:

EMPRESAS	ALUMBRADO		Uso doméstico (excepto alumbrado)	Fuerza para industrias	Fuerza para tracción urbana	TOTAL
	Vías públicas — Kw.-h.	Viviendas, loca- les y edificios — Kw.-h.				
Iberduero.....	8.715.713	66.515.134	219.680.971	604.857.326	16.958.430	916.727.574
Hidroeléctrica Espa- ñola, S. A. ....	51.526.000	1.808.731.000	13.019.000	417.438.000	454.344.000	2.445.058.000
Unión Eléctrica Ma- drileña, S. A. ....	61.147.011	559.822.082	839.523.600	855.549.314	402.684.559	2.418.726.571
↑ TOTALS.....	121.388.724	2.435.068.216	1.072.223.571	1.877.844.640	273.986.989	5.780.512.145

Fuente: Resumen estadístico del  
de Madrid, 1.978.

Ayuntamiento

Los máximos de consumo se producen en los meses de invierno, de diciembre hasta abril, en especial en enero, febrero y marzo. Las fuentes de aprovisionamiento son diversas, los principales abastecedores son los embalses situados en el río Tajo, desde Alcantara hasta Entrepeñas, así como los del Duero; existen centrales nucleares como la de Zorita y térmicas como las de Puertollano.

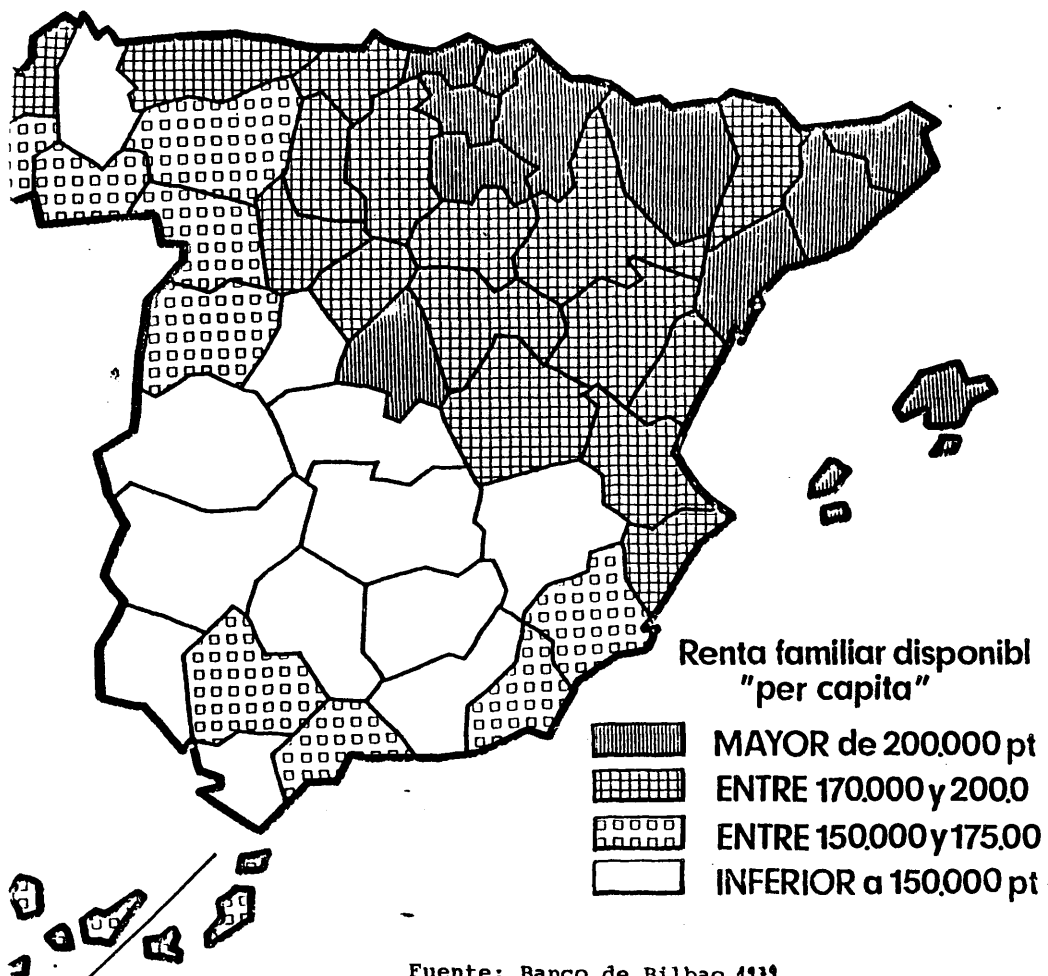
Madrid cuenta con el oleoducto de Rota-Zaragoza, que abastece de productos petrolíferos, pero el consumo de los derivados del petróleo como fuel, gasoleo, o gasolina no los he recogido. Si el de gas ciudad y butano; del primero, se con-



sumen 1.761.412 m<sup>3</sup>; y del segundo, 3.164.450 (10). Con máximos de consumo en diciembre y enero.

Otro de los factores que explican la singularidad de Madrid es el económico; Madrid, es la única provincia de la meseta con renta per cápita elevada, tal como demuestra el Banco de Bilbao (11).

Mapa n° 5



Por lo que se refiere a otros hechos económicos que singularizan Madrid, cuento con dos fuentes de conocimiento: una es COPLACO y otra José María Sanz García (12) que en su tesis doctoral sobre la función financiera de Madrid da un cúmulo de información histórico-geográfica de gran valor que sirve para enmarcar y explicar las recientes aportaciones que da la primera fuente (la tesis del Dr. Sanz García está publicada sólo en parte).

El primero y fundamental de estos hechos es que Madrid es centro financiero que recibe y realiza la distribución del capital en todo el territorio nacional. Sanz García (13) recoge un cuadro indicativo de 14 entidades de crédito que superaban los 50.000 millones en sus saldos, hace unos años, y realiza la localización del hecho y de los millones, en él se puede apreciar la importancia de Madrid como centro financiero.

	Madrid	Vizcaya-Santander	Barcelona	Zaragoza	
1	Banesto .....	397			
2	Central .....	264			
3	Hispano .....	260			
4		Bilbao .....	228		
5			C. Pensiones.	172	
6		Vizcaya .....	164		
7		Santander .....	166		
8	Popular .....	110			
9	Caja Postal.	67			
10	B. Exterior.	66			
11	Caja de Ahorros y Monte de Piedad Madrid .....	64			
12			Caja Ahorros Barcelona.	61	
13				C. A. y M. P. Zaragoza, Aragón y Rioja .....	58
14	Urquijo .....	51			
		1.189	548	233	58

Madrid, duplica los saldos positivos de las provincias que le siguen, y de forma singularizada quintuplica dichos recursos en las tres provincias, Vizcaya, Santander y Barcelona, pero además, con relación a Zaragoza la fracción es de 20 a 1.

Si atendemos a la localización de sociedades anónimas en 1.973 (14):

	Número	%	Capital desembolsado	%
Madrid	8.388	35,2	795.917,8	54,2
Barcelona	8.237	34,1	315.662,9	21,5
Bilbao	1.561	6,4	130.798,8	8,9
Otros	5.829	24,1	224.026,5	15,2
Total	24.115	100	1.466.405,0	100

Es decir, que Madrid con el 12% de la población española es la ciudad que posee mayor número de sociedades anónimas y además con la mitad del capital desembolsado del total nacional.

Madrid, por otro lado, recibe ocho veces mas créditos oficiales que el entorno regional compuesto por Castilla-León y Castilla-Mancha (15).

	% crédito oficial sobre total nacional	% depósitos bancarios sobre total nacional
Castilla-León	3,8	5,9
Castilla-Mancha	3,5	2,5
Madrid	24,1	23,9

De forma que Madrid recibe más créditos oficiales y tiene mas depósitos bancarios; entre 4 y 10 veces superior a su entorno nacional, en marzo de 1.977. Mientras que la relación créditos/depósitos en Madrid se situaba en 134,37 en el caso de la región castellano-manchega era de 38,56 y el de la castellano-leonesa de 42. Si esta relación se considera como un cierto grado de estabilidad, significaría que mientras que en las dos Castillas se está produciendo una continua salida de recursos financieros, Madrid absorbe mas de lo que ella misma genera.

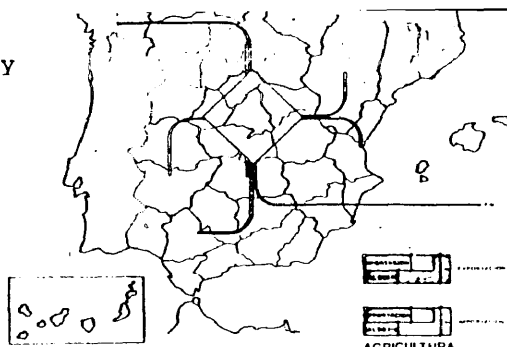
Por lo que respecta a las inversiones del INI (16)

	Capital inmoviliza- do acumulado	% total	Empleo	% total	capital inmovili- zado ponderado	% total
astilla- eón	48.856	5,3	5.915	2,5	27.374	4,4
astilla ancha	72.963	7,9	5.834	2,5	30.436	4,9
adrid	61.265	6,5	39.926	15,4	29.946	4,8

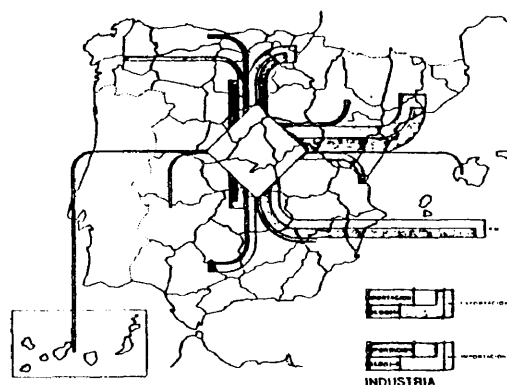
El mismo autor (17) señala: " Que si bien es cierto que tanto el capital inmovilizado total como el ponderado guardan una relación similar en las tres regiones, lo cual no hace sino reproducir las jerarquías, el nivel de empleo generado en Madrid es más de seis veces el correspondiente a cualquiera de las otras dos regiones. La cuestión se hace más clara al observar que la mayor parte de las inversiones del INI correspondiente a cualquiera de las otras dos regiones se concentran en León, Guadalajara y Ciudad Real, perteneciendo al sector eléctrico (ENDESA y UESA), y al petroquímico (EMPETROL y ENFERSA). En todos los casos se trata de industrias que bien podrían clasificarse de "enclave" por cuanto se basan en la utilización de las materias primas propias de la región sin que su localización conlleve una potenciación clara del desarrollo económico de la misma, creando una especialización sectorial por zonas que favorecen a los centros del sistema donde se localizan los sectores más dinámicos, de mayor generación de empleo, con mayores efectos de complementariedad", y éste es el caso de Madrid.

Según Coplaco (18) (gráfico y tablas 1), el saldo comercial de Madrid es muy deficitario en el sector agrícola, siéndolo individualmente con todas las regiones españolas, así como con el resto del mundo. Las principales exportaciones en este sector se producen como es lógico de la España

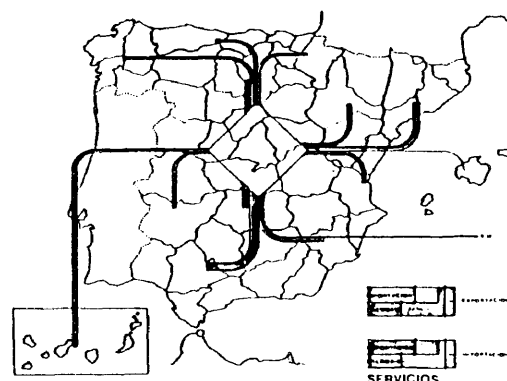
Gráfico y  
tablas 1



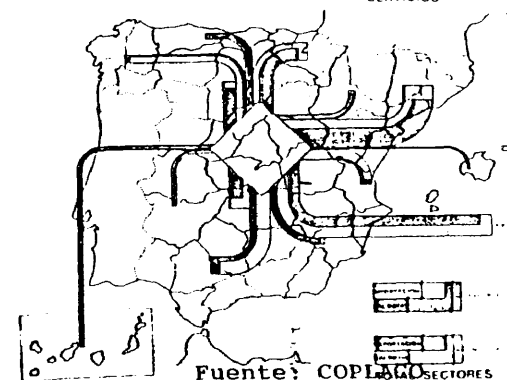
AGRICULTURA			
Regiones	Importaciones	Exportaciones	Saldo
Galicia	7.023	-	-7.023
Asturias y Santander	2.004	-	-2.004
País Vasco	2.480	-	-2.480
Aragón	2.880	2	-2.878
Cataluña	1.410	-	-1.410
Castilla León	7.000	8	-6.992
Centro	9.819	10	-9.809
Extremadura	3.010	-	-3.010
País Valenciano	5.970	-	-5.970
Murcia y Albacete	1.590	-	-1.590
Andalucía	10.600	4	-10.596
Baleares	220	-	-220
Canarias	891,1	-	-891,1
Total España	54.897,1	22	-54.875,1
Total R.M.	6.166,8	-	-6.166,8
Total	61.063,9	22	-61.041,9



INDUSTRIA			
Regiones	Importaciones	Exportaciones	Saldo
Galicia	13.864,4	17.039,4	3.075,0
Asturias y Santander	17.356,4	15.514,1	-1.842,3
País Vasco	67.114,0	37.295,3	-29.818,7
Aragón	10.163,6	14.908,6	4.745,0
Cataluña	100.947,2	56.062,7	-44.884,5
Castilla León	33.517,4	29.464,5	-4.052,9
Centro	52.189,7	26.489,2	-25.700,5
Extremadura	3.880,0	4.904,7	1.024,7
País Valenciano	25.241,3	25.554,7	313,4
Murcia y Albacete	17.967,4	8.344,7	-9.622,7
Andalucía	30.552,4	37.166,4	6.614,0
Baleares	1.996,8	4.023,4	2.026,6
Canarias	1.718,0	6.637,3	4.919,3
Total España	376.618,4	283.404,7	-93.213,7
Total R.M.	70.603,4	36.163,3	-34.440,1
Total	447.221,8	319.568,0	-127.653,8



SERVICIOS			
Regiones	Importaciones	Exportaciones	Saldo
Galicia	3.840,7	14.332,6	10.391,9
Asturias y Santander	6.938,5	8.955,2	2.016,7
País Vasco	4.433,0	11.806,1	7.473,1
Aragón	5.291,0	6.979,0	1.688,0
Cataluña	5.507,7	20.762,0	15.254,3
Castilla León	9.925,4	16.838,0	10.912,6
Centro	9.013,7	22.300,7	13.287,0
Extremadura	1.295,8	7.127,4	5.831,2
País Valenciano	6.848,0	14.848,2	8.000,2
Murcia y Albacete	6.588,6	15.394,4	8.805,8
Andalucía	6.552,9	34.619,9	28.067,0
Baleares	899,7	2.504,8	1.605,2
Canarias	1.449,2	12.272,2	10.823,0
Total España	64.684,2	188.840,6	124.156,4
Total R.M.	6.582,4	5.550,3	-1.032,1
Total	71.266,6	194.390,9	123.124,3



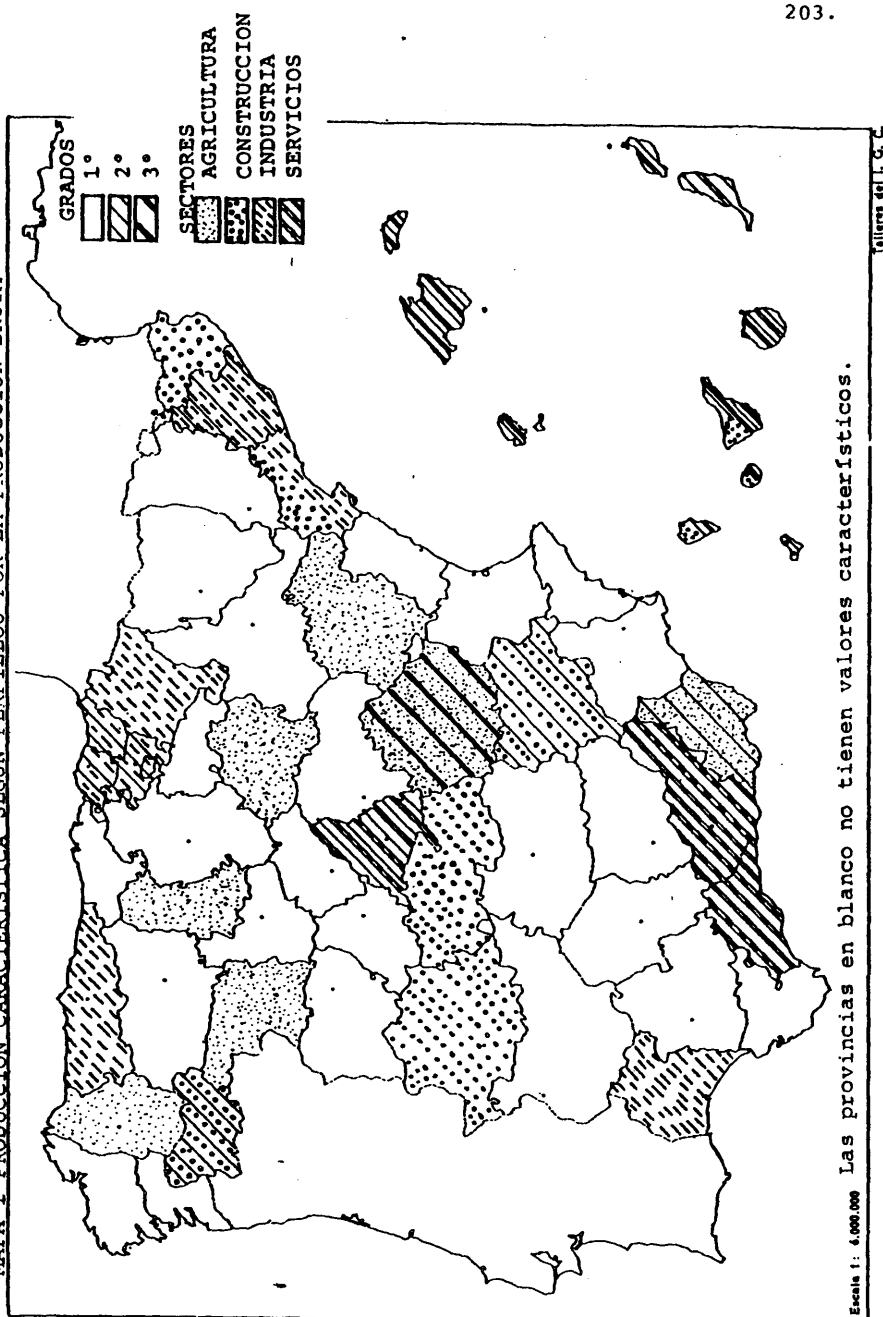
TOTAL SECTORES			
Regiones	Importaciones	Exportaciones	Saldo
Galicia	24.928,1	31.372,0	6.443,9
Asturias y Santander	26.298,9	24.469,3	-1.829,6
País Vasco	74.027,0	48.201,4	-25.825,6
Aragón	18.334,6	21.889,6	3.555,0
Cataluña	107.864,9	76.874,7	-31.040,2
Castilla León	46.442,8	46.308,5	-134,3
Centro	71.032,4	48.799,9	-22.232,5
Extremadura	8.185,8	12.032,1	3.846,3
País Valenciano	38.059,3	40.402,9	2.343,6
Murcia y Albacete	26.146,0	23.739,1	-2.406,9
Andalucía	47.705,3	71.790,3	24.085,0
Baleares	3.116,5	6.578,3	3.461,8
Canarias	4.058,3	18.909,5	14.851,2
Total España	496.199,7	472.267,3	-23.932,4
Total R.M.	83.352,6	41.713,6	-41.639,0
Total	579.552,3	513.980,9	-65.571,4

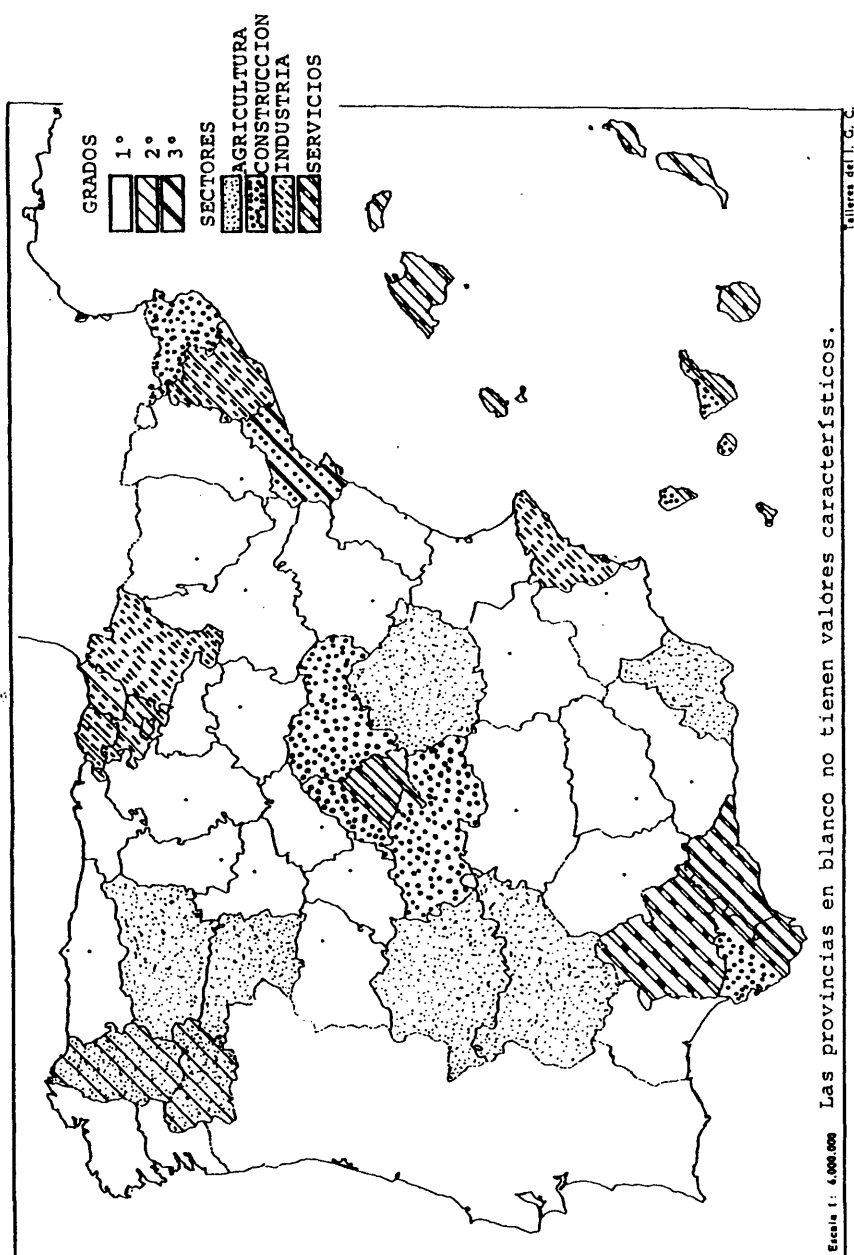
Fuente: COPLAGO

agrícola, debiéndose destacar nuevamente el volumen de las mismas procedentes de la región centro, así como de la Castellano-Leonesa. También es Madrid deficitario en el sector industrial, siendo además en este sector donde se producen los mayores flujos tanto de importaciones como de exportaciones. Las mayores importaciones proceden del Resto del MUndo, Cataluña y País VASco pero son también muy importantes con la región centro Albacete-Murcia, y región CASTellano-Leonesa. Madrid es fuertemente exportador en el sector servicios presentando saldos positivos con todas las regiones españolas, pero no con el extranjero, aunque en una cifra muy reducida. El saldo se vería incrementado si se llegara a considerar los servicios de la Administración pública, que siendo producida por Madrid no están incluidos y debe considerarse consumida de forma colectiva por el Estado y todas sus regiones. En líneas generales puede destacarse que Madrid presenta saldos comerciales positivos con 7 regiones españolas y deficitarios con otras seis, así como con el resto del mundo. Los mayores saldos positivos de la balanza comercial de Madrid son con las regiones de Andalucía, Canarias, Galicia y Extremadura, predominando claramente en este conjunto las zonas de menor desarrollo económico del Estado. Por el contrario, los saldos más deficitarios se producen por el extranjero, Cataluña, País Vasco y REGión Centro; este grupo se caracteriza por corresponder a zonas de alto nivel económico, con la excepción muy importante de la región centro, formado por las provincias limítrofes a Madrid."

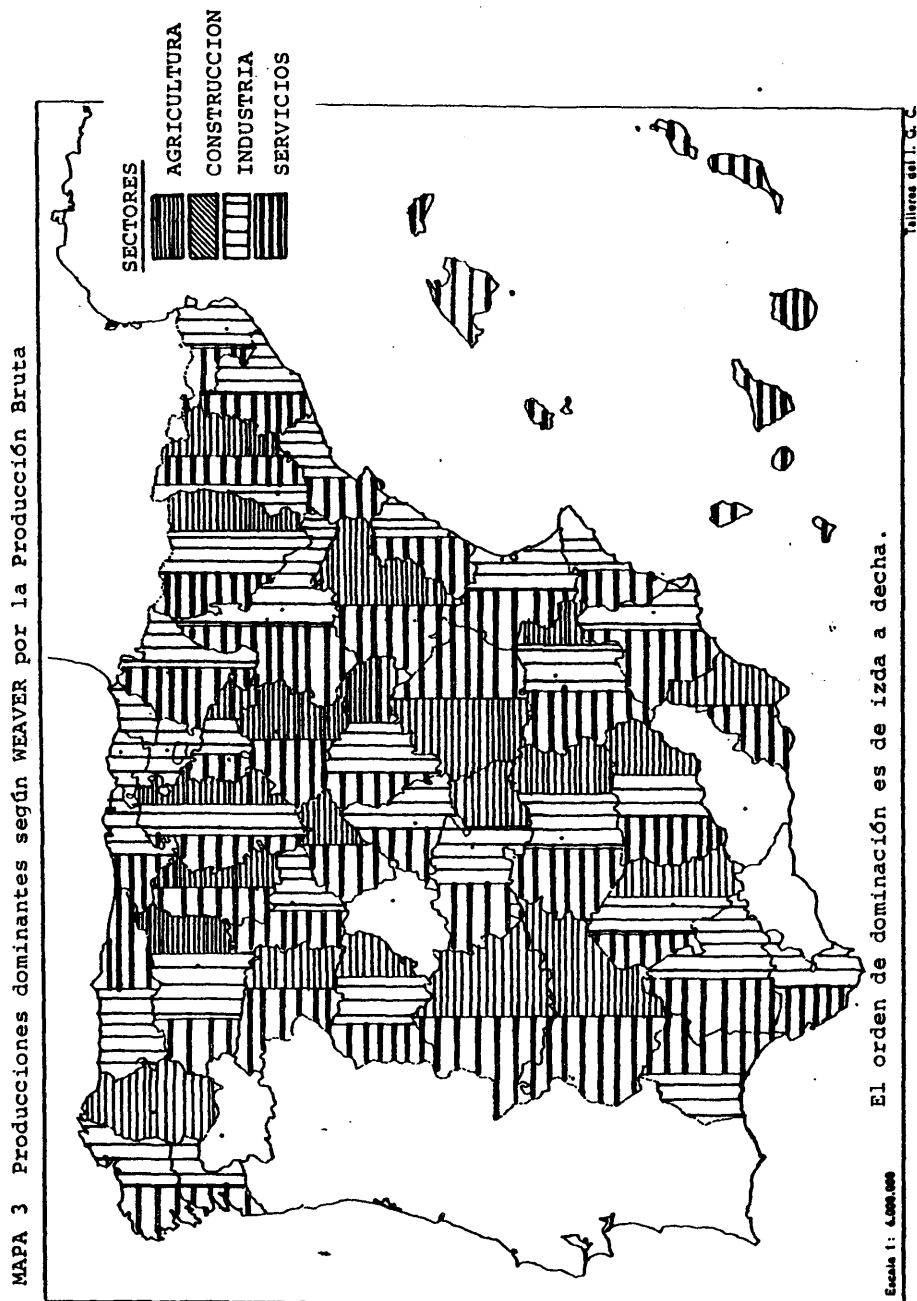
Aplicando los índices de Perpillou, para ver los valores característicos y de Weaver para los valores dominantes en cuatro sectores; agricultura y pesca, construcción, industria y servicios por la producción bruta y por la estructura del empleo según datos del Banco de Bilbao (19) para las cincuenta provincias españolas, los resultados han sido los siguientes:

MAPA 1 PRODUCCION CARACTERISTICA SEGUN PERPILLOU POR LA PRODUCCION BRUTA

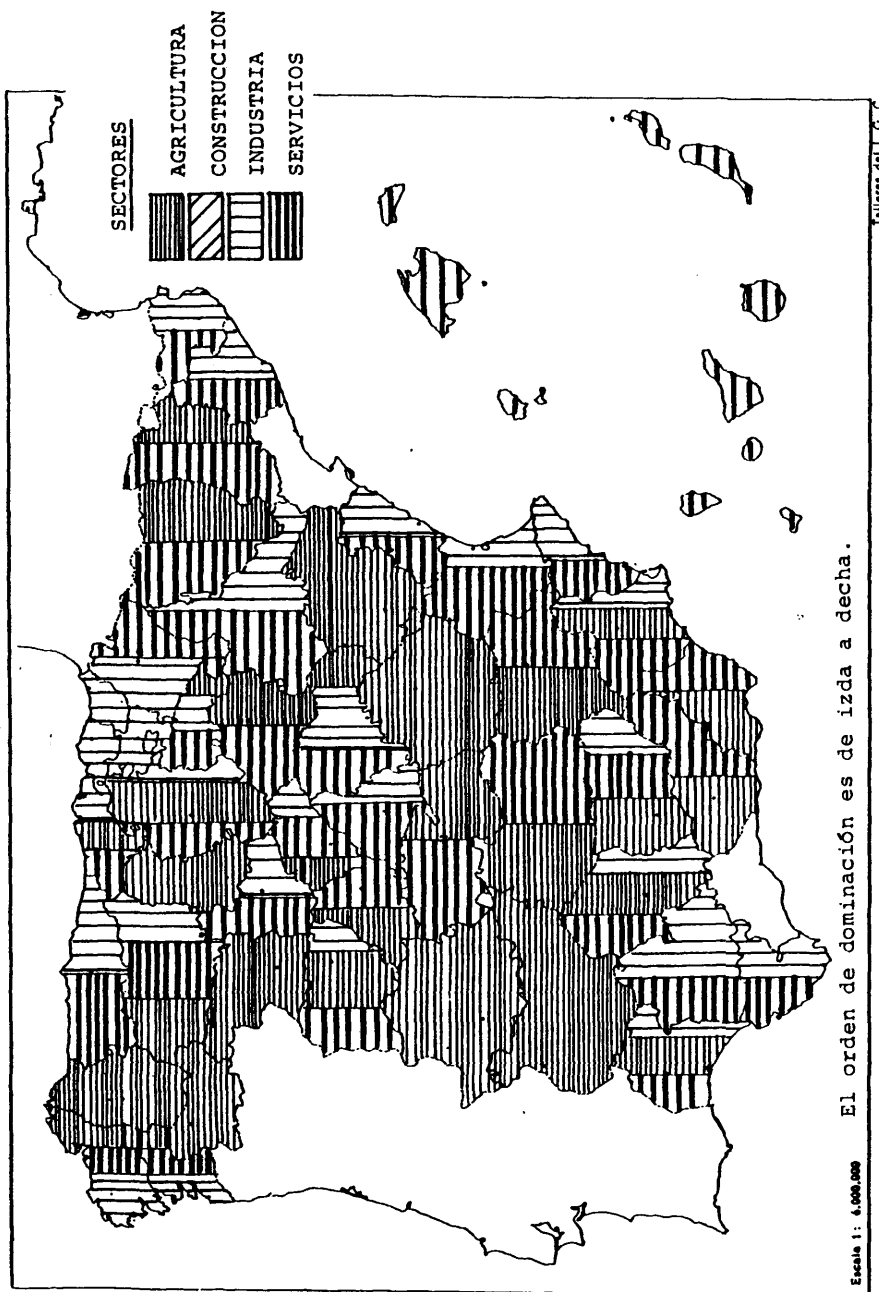








MAPA 4 EMPLEOS DOMINANTES SEGUN WEAVER POR LA ESTRUCTURA DEL EMPLEO.



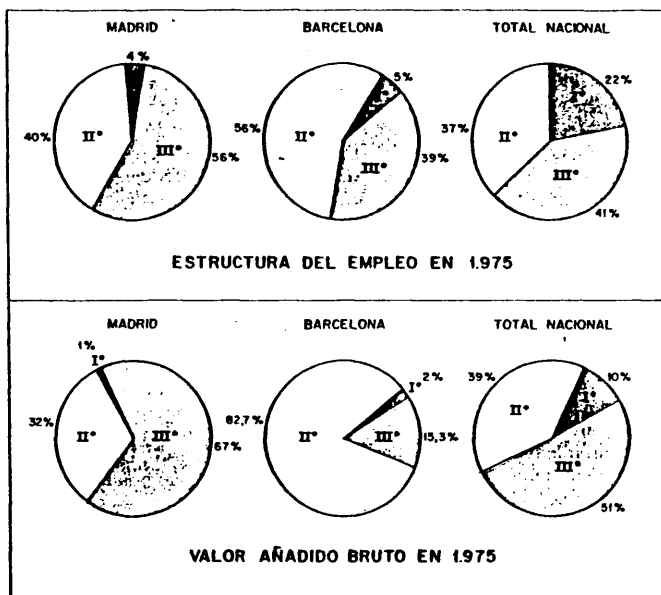
Según el índice de Perpillou por la producción bruta, Madrid aparece con dos desviaciones típicas en el sector servicios junto a las provincias donde el sector turístico está desarrollado, así aparecen con dos desviaciones igualmente, Baleares, Tenerife y Las Palmas y con una desviación Málaga y Granada. Con el mismo índice y utilizando la estructura del empleo se repite el hecho anterior con las provincias de Madrid (por ser sede de la administración del Estado) y Baleares, Tenerife, Las Palmas y Málaga, apareciendo este sector con una caracterización mínima en Cádiz y Sevilla. Madrid por la estructura del empleo en este índice aparece con valores característicos en el sector de la construcción.

Utilizando el índice de Weaver por la estructura de la producción bruta, en Madrid, los valores dominantes son los de la industria y los servicios. Por la estructura del empleo, con el mismo índice, los valores dominantes son la industria y los servicios, en los dos casos el valor más dominante es el de los servicios. (mapas 6, 7, 8 y 9).

En definitiva, según estos valores en Madrid es característico, es decir, el hecho que individualiza y distingue, el sector servicios en dos variables y la construcción en una sola variable, mientras que resultan dominantes sobre los demás sectores; los servicios en primer lugar y la industria en segundo lugar. Pero es en la estructura del empleo donde quizás sea más clara la diferenciación de la provincia de Madrid como área de servicios.

Según Coplaco (20) "por su condición de capitalidad, Madrid concentra una gran proporción de servicios de la Administración central, y de sedes bancarias financieras y empresariales. En términos de empleo su estructura productiva es radicalmente diferente a la del resto del Estado. Su composición del empleo en agricultura, industria y servicios, contrasta fuertemente, tanto con la que presenta el Estado

como con Barcelona, su segunda ciudad en importancia demográfica. La estructura demográfica de Madrid muestra una clara especialización en el sector terciario o de servicios, que genera el 67% de su renta con el 56% de su empleo. Como resumen a nuestra ciudad en los aspectos económicos la mayor individualización la producen el sector servicios y la industria.



Fuente: COPLACO

Sobre la industria, a nivel comparativo nacional y según datos del Banco de Bilbao (21), tomando distintas variables, resulta que según el índice de Perpillou son valores característicos:

Papel y artes gráficas..... dos veces con grado 2 y dos veces con grado 1

Transformados metálicos.... cuatro veces con grado 1

Alimentación..... dos veces con grado 1

Cerámica y vidrio..... una vez con grado 1.

Son por tanto, estos sectores los que en Madrid están por encima de los valores medios nacionales, de un total de once sectores industriales que utiliza el Banco de Bilbao en sus informes sobre la renta nacional y su distribución por provincias. (he incluido edificación y obras públicas).

Según el índice de Weaver que nos define valores dominantes, y dado que no resultaba en una primera aproximación, decidí eliminar los denominadores de la fracción del índice, y los resultados obtenidos son los siguientes:

Sector industrial	Nº de veces que aparece	Orden				
		1	2	3	4	5
Edificación y obras públicas	6	2	3	1	-	-
Transformados metálicos	5	3	2	-	-	-
Agua, gas y electricidad	1	1	-	-	-	-
Papel, prensa y a. gráficas	3	-	1	-	-	2
Químicas	5	-	-	3	2	-
Cuero, calzado y confección	3	-	-	2	1	-
Alimentación	1	-	-	-	1	-

De modo que Madrid queda definida como una provincia industrial en la que los sectores que sobrepasan la media nacional son: Papel, prensa y artes gráficas, debido a la ubicación de periódicos de difusión nacional, editoriales e imprentas, ya que el subsector papel es inexistente; los transformados metálicos, porque en Madrid existe una amplia gama de industrias de este sector; alimentación en función del centro consumidor, particularmente el subsector bebidas, que aquí no constan; y cerámica y vidrio que sólo aparece en el epígrafe de valor añadido.

Por lo que hace referencia a los factores dominantes sobre el total madrileño, aparece el sector de la construcción, que en Madrid emplea a un buen número de personas, seguido de los transformados metálicos y el sector de agua, gas y electricidad. Vuelven a aparecer los sectores de

papel, prensa y artes gráficas y alimentación, y dos sectores que no habían aparecido; químicas ya que es un importante centro productor y de distribución y, por último, el sector de cuero, calzado y confección, que es fundamentalmente, el último de los subsectores el que tiene alguna incidencia en nuestra provincia.

Otro de los hechos transcendentales en el vivir cotidiano madrileño es el abastecimiento de productos alimenticios, hecho que no es nuevo. A Madrid, según Domínguez Ortiz (22), el Antiguo Régimen le daba un trato especial, muchas veces privilegiado, a costa de los pueblos de la comarca, especialmente en lo que se refiere a los alimentos, ya que mientras existían unos precios del pan en el mercado libre, para abastecer la ciudad existían unos precios especiales, el llamado "Pan de REGistro"; es decir, que los pueblos de alrededor debían suministrar pan cocido o trigo a la ciudad a un precio más bajo que el del mercado. El radio de pueblos que debían pagar la tasa fue de 20 leguas, unos 100 Km, desde la Sierra de Guadarrama hasta Madrilejos, aproximadamente unas quinientas millas, en 1630, que fue la época de máxima extensión del "Pan de REGistro".

Madrid ha resultado durante siglos una carga pesada, por cuanto que al no producir nada, ha necesitado de todo tipo de recursos para el sustento de sus habitantes. Claro está, que lo que no se ha pensado nunca es que Madrid daba a cambio servicios; los servicios administrativos de una nación. Ha sido siempre un modelo de ciudad de Terciarios, y sólo después de la Guerra Civil una ciudad industrial.

Para el siglo pasado el abastecimiento de Madrid tiene una tesis doctoral muy minuciosa, la de Fernández García (23) que trata de la procedencia de los productos que venían a Madrid. Es también muy útil consultar los trabajos de DEleito Piñuelas, Sanz GARCÍA, Diccionario de Madoz, etc.

para ver el hecho del abastecimiento histórico a Madrid, y como la ciudad ha sido considerada por algunos españoles y bastantes extranjeros como succionadora de los recursos de la nación...

Madrid sigue siendo en la actualidad, como hemos visto por los datos de Coplaco, deficitaria de productos agrícolas, es decir, importa productos agrícolas de toda España e incluso del extranjero.

Algo que llama siempre la atención, es que el mercado de abastecimiento de Madrid lo controlan los mayoristas (24), particularmente en los mercados de carne, frutas y verduras y pescado. Pero al mismo tiempo la leche y otros productos están en manos de compañías distribuidoras casi monopolistas, o sometidas a una rigidez de mercado por parte del Estado que impiden que éste sea transparente y libre. A pesar de estos inconvenientes, Madrid es una ciudad relativamente barata y bien abastecida.

Al margen de los canales de distribución paralelos el consumo de Madrid es el siguiente (1978), según el resumen estadístico del Ayuntamiento (25):

	Total	Por persona 3.367.000 hab. y año.
Carnes	38.279.600 kg	11,3 kg.
Pescados	77.565.956 "	23 "
Mafiscos	18.482.691 "	5,5 "
Huevos	4.594.810 doc.	1,3 doc.
Aves-Caza	3.633.521 unid.	1 unid.
Frutas	275.011.400 Kg	81 Kg
Verduras	276.267.767 "	82 "
Leche	259.103.491 lit.	77 li.

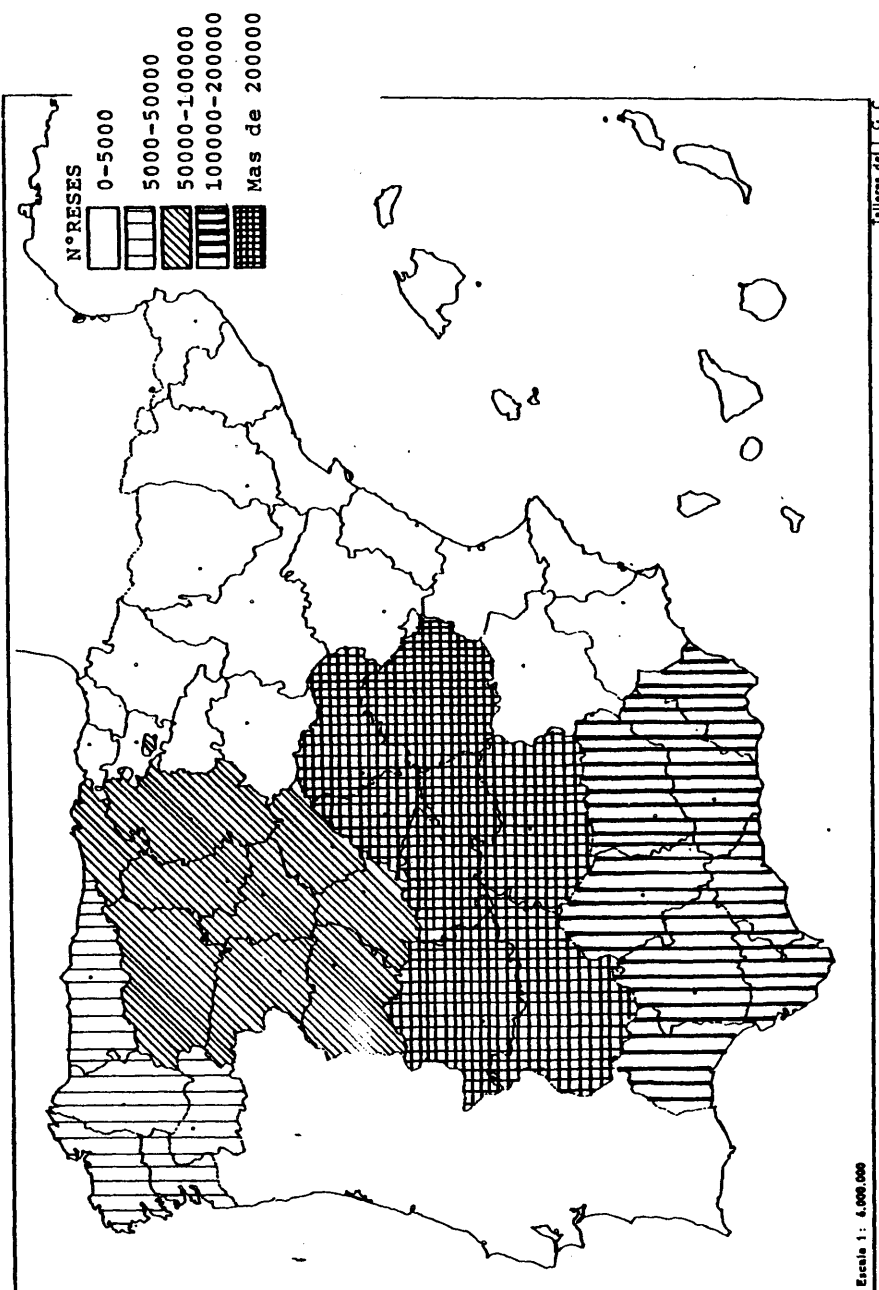
Hay que tener en cuenta que existen canales paralelos de distribución en huevos y aves y caza, por lo que de estos productos es muy posible que el consumo sea mayor. Ade-

Regiones históricas	Procedencia de las reses						
	Vacas	Terneras	Lanares	Lechales	Porcinos	Equinos	Totales
Andalucía	763	218	55.819	57.391	-	168	114.359
Aragón	1.437	1	668	-	-	-	2.126
Asturias	348	15.544	-	-	-	-	15.892
Castilla La Nueva	37.081	6.676	68.308	90.888	20.428	6.930	230.311
Castilla la Vieja	17.258	1.134	30.915	29.868	58	1.973	81.206
Cataluña	40	-	421	-	-	-	461
Extremadura	2.766	675	98.052	163.829	40	1.945	267.307
Galicia	7.248	1.043	-	-	-	-	8.292
León	2.848	3.547	25.016	34.178	79	394	66.062
Murcia	1.369	85	2.183	-	-	-	3.637
Navarra	16	19	296	-	-	-	331
Valencia	926	60	1.766	-	-	-	2.752
Vacondadas	-	-	-	-	-	-	-
Extranjero	-	-	-	-	-	-	-
C.A.T.	12.207	-	-	-	-	-	12.207
Total	84.327	29.002	283.444	366.054	20.605	11.411	804.942

Fuente: Resumen estadístico del Ayuntamiento de Madrid.



MAPA 10 PROCEDENCIA DE LAS RESES QUE SE CONSUMEN EN MADRID EXCLUIDOS CANALES PARALELOS



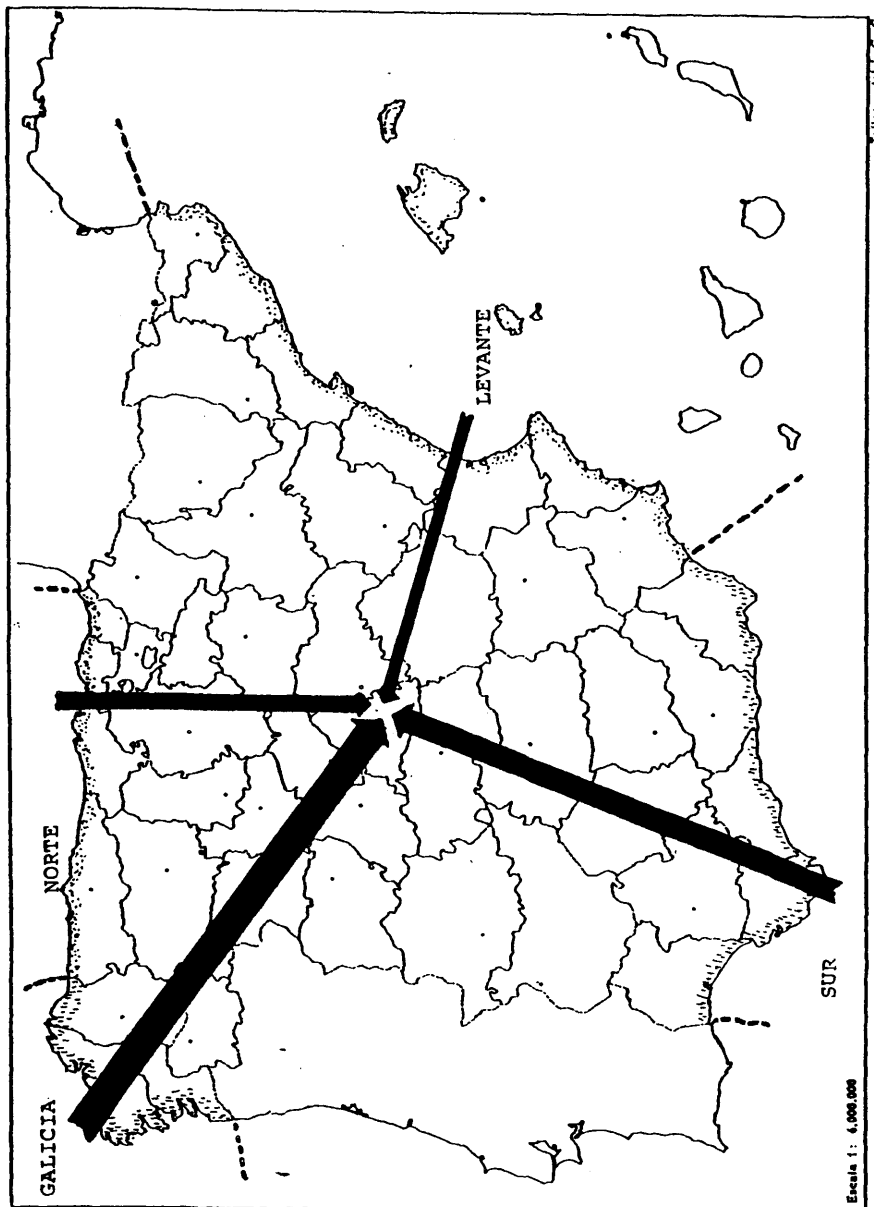
más no están sumados otros productos como pan, legumbres y productos ultramarinos o coloniales, productos enlatados, embutidos, aceites y grasas, vinos y licores, trigos, harinas y cereales, azúcares y otras materias primas, prácticamente imposibles de evaluar, ya que Madrid no es sólo consumidor de estos productos sino también distribuidor de un área que abarca toda España.

Por lo que hace referencia a la carne que se consume en Madrid, (cuadro adjunto y mapa 10), la procedencia fundamental en número de reses, es decir, la región abastecedora principal de los mercados madrileños según los cauces normales, son Castilla la Nueva y Extremadura, aunque se debe hacer una distinción clara, ya que por tipos de carne las regiones abastecedoras varían; por ejemplo, para vacas son Castilla la Nueva, Castilla la Vieja, Galicia, León y Extremadura; para ternera, la principal región abastecedora es Asturias, con Castilla la Nueva y León, Castilla la Vieja y Galicia; para ganado lanar, las regiones de las que se importa son Extremadura, Castilla la Nueva y Andalucía; por último, para ganado porcino y caballar es Castilla la Nueva la única abastecedora. En el total de reses importadas por Madrid las regiones más abastecedoras son Extremadura y Castilla la Nueva, seguidas de Andalucía, Castilla la Vieja y León y en último lugar Asturias y Galicia.

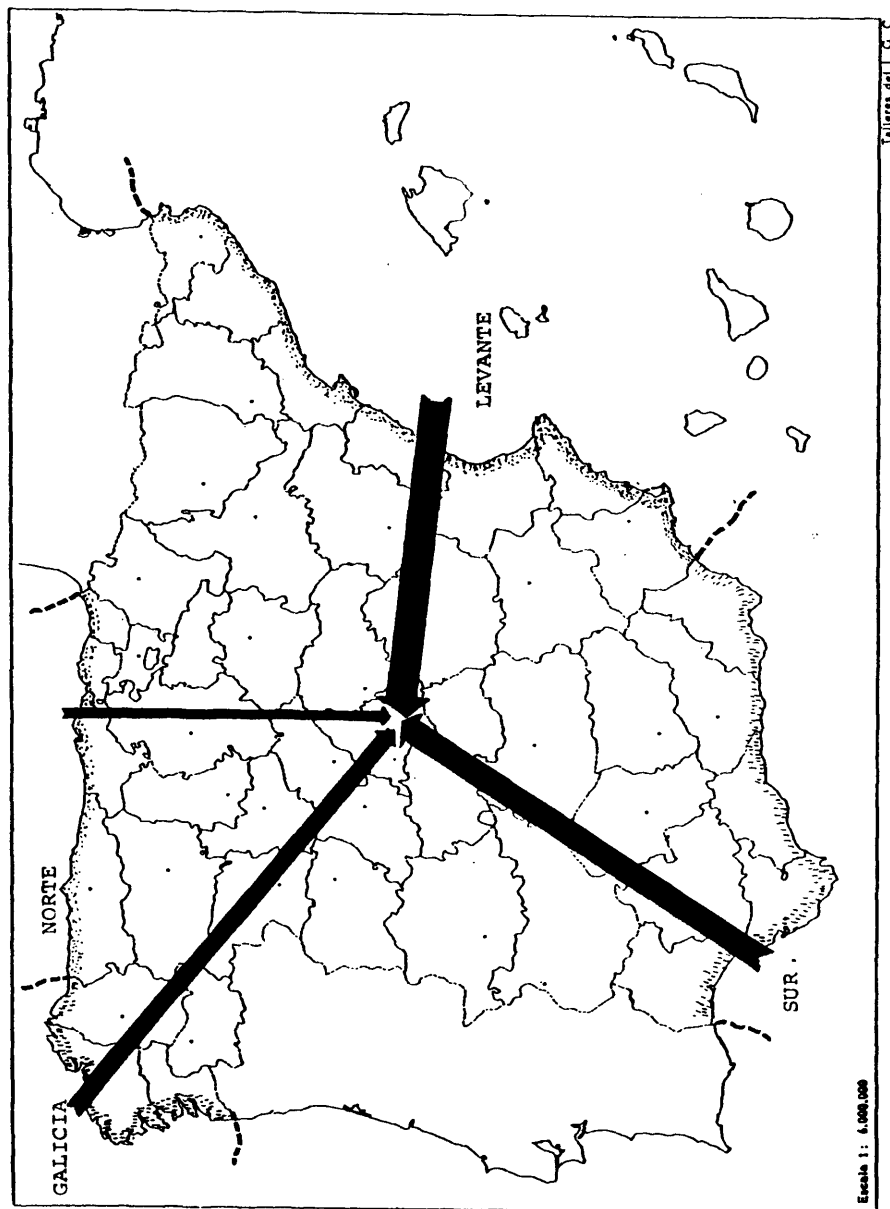
Hay que dejar constancia de un hecho significativo, que la actual crisis económica no sólo afecta al consumo de agua por habitante y día, que se mantiene estacionario como veremos, sino que también afecta a los consumos de carne, pescado, frutas y verduras.

Año	Carne millo. Kg	Pescados, mariscos, Millo. Kg.	Frutas Mill.	Verduras millo. Kg
1974	45,698	100,243	279,164	284,857
1975	41,915	109,029	254,709	289,283
1976	39,515	107,765	268,492	279,559
1977	40,592	94,537	242,413	262,622
1978	38,279	96,048	275,011	276,267

MAPA 11 PROCEDENCIA DEL PESCADO CONSUMIDO EN MADRID.



MAPA 12 PROCEDENCIA DEL MARISCO CONSUMIDO EN MADRID.



También es posible que, con el aumento de los canales paralelos de comercialización, el mercado esté mejor abastecido, por la existencia de una mayor competencia, inexistente antes del cambio de régimen, y de la crisis económica, con lo que se consuman mayor cantidad de estos productos, pero bajo otras formas de comercialización, sin el oligopolio de los mayoristas.

Madrid, es también un centro consumidor de pescado, que en su mayor parte se recibe de Galicia, como ha sido tradicional desde la creación de la "capitalidad", en que el pescado se traía entre hielo por medio de carretas.

	Zona Norte		Zona Sur		Levante	Total
	Cantábrica		Galicia Hu, Ca, Ma, Al			
Pescados frescos	11.056.124	31.912.678	22.816.539	6.140.373	71.925.714	
Congelado	2.281.412		1.093.668	2.265.162	5.640.242	
Mariscos frescos	474.417	3.874.773	6.950.770	629.967	11.929.927	
Congelados	244.274		1.046.499	5.261.986	6.552.764	
Pescados agua dulce	En el año 1976		22.000 Kg,	(Ciudad Real, Guadalajara)		
Total	49.843.683 Kg.		31.907.476Kg.	14.297.488	96.048.647 Kg.	

El segundo abastecedor de pescado a la ciudad es la zona sur, particularmente Huelva y Cádiz. Por lo que respecta al marisco, hay una clara diferenciación; los congelados, vienen de Levante, mientras que el marisco fresco viene del sur.

En el abastecimiento de frutas y verduras, la región (26) valenciana sigue siendo el primer centro abastecedor, particularmente de naranjas, le siguen Castilla la Nueva y Sureste Murcia, Granada y Almería, Andalucía, Castilla la Vieja y Extremadura. En el cuadro y mapas 13 y 14 se puede apreciar la importancia de cada región de forma más pormenorizada y

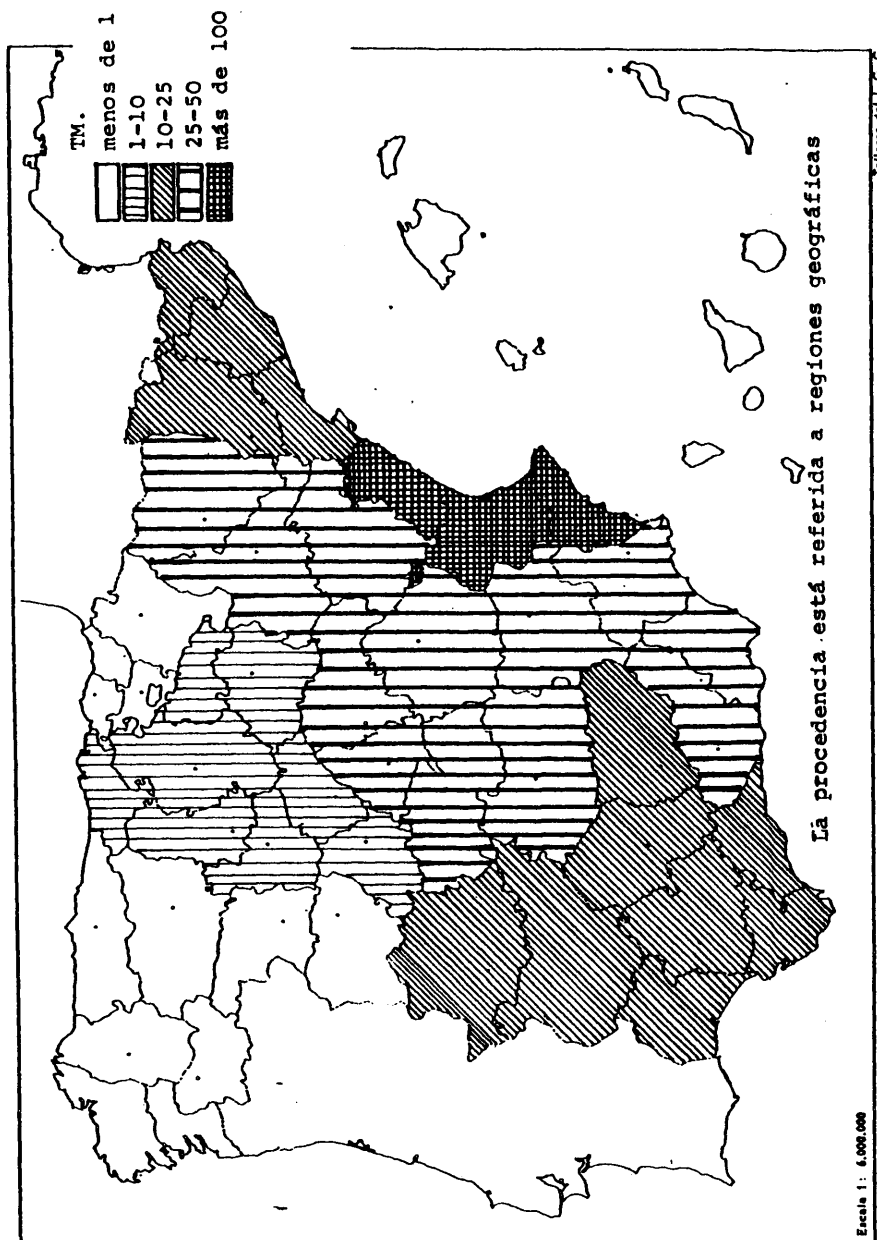
Frutas y verduras

	Frutas, Kg. Variedades de frutas		Verduras, Kg. " Variedades de verduras	
Castilla la Nueva	25.786.000	melones, manzanas, peras higos, melocotones, uvas fresones y sandías	90.565.688	Patata, lechuga, pimientos, tomate, acelgas, coliflor, etc.
Castilla la Vieja	1.690.800	manzanas, higos, peras, castañas y fresones	32.875.143	patata y zanahoria
Galicia, León y Asturias	944.200	castañas, manzanas, peras	3.915.819	patatas
Extremadura	15.733.300	uvas, cerezas, peras, manzanas y melocotones	2.650.385	tomate y judías
Anadalucía, excepto Granada y Almería	11.910.500	fresones, limones, uvas naranjas y fresquillas	27.057.373	judía, tomate, patata y pimiento
Granada, Almería y Murcia	40.146.700	limones, albaricoques, melocotón, naranjas, sandías y ciruelas	68.822.650	tomate, pimiento, judía lechuga, repollo, acel- ga, patata y cebolla
Valencia	135.924.000	naranjas, albaricoques, peras y uvas	40.795.546	alcachofas, cebollas, zana horias, tomates, patatas, judías,
Aragón	28.081.200	manzanas, peras, meloco- tones	8.483.813	tomates, patatas
Cataluña	14.280.100	manzanas, peras, meloco- tones	239.150	
P. Vascongadas y Navarra	498.400		770.000	
Canarias	16.200		92.000	
Total	275.011.400		276.267.777	

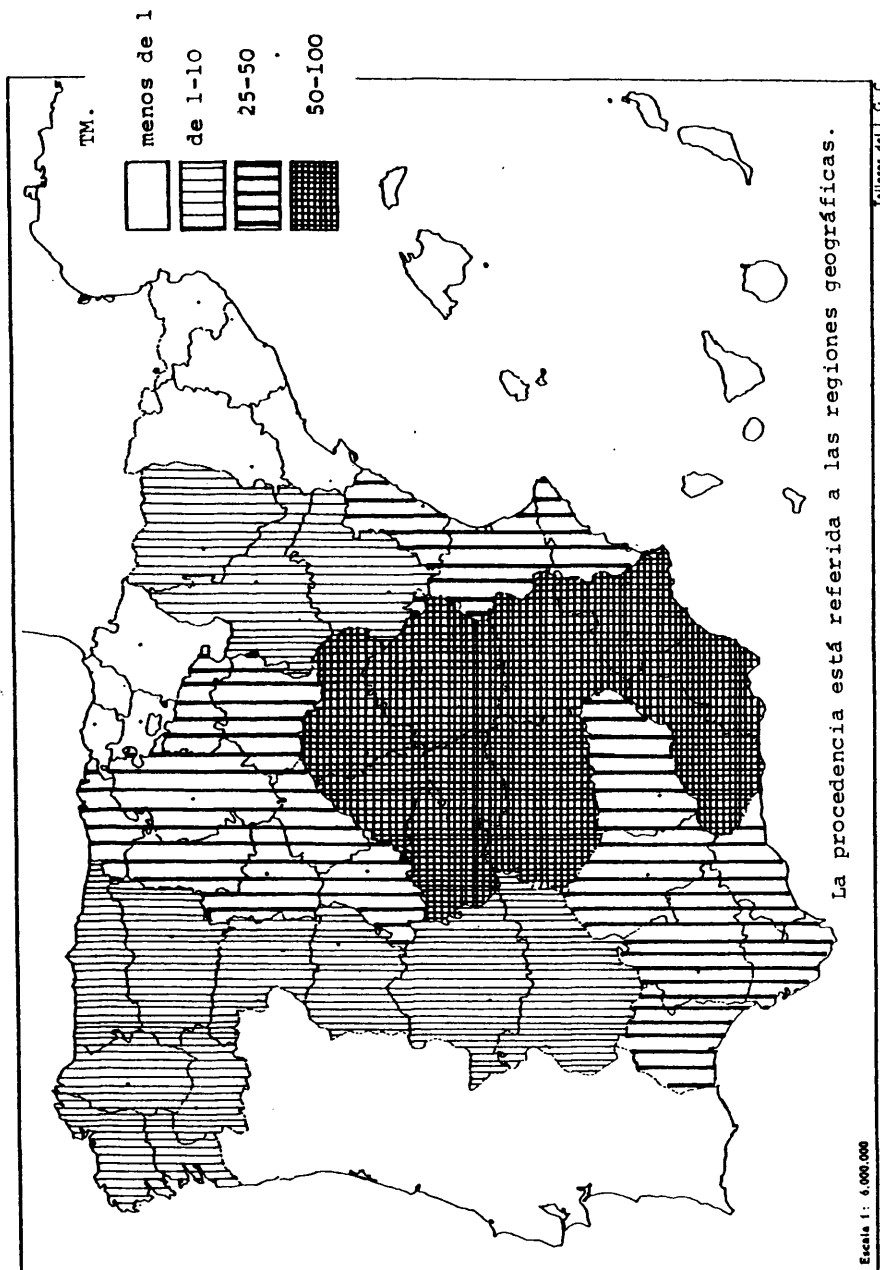
218.

Fuente: Resumen estadístico del Ayuntamiento de Madrid.

MAPA N° 13. PROCEDENCIA DE LAS FRUTAS CONSUMIDAS EN MADRID.



MAPA N° 14. PROCEDENCIA DE LAS VERDURAS CONSUMIDAS EN MADRID.





los productos con que abastecen a nuestra ciudad.

Existe también un tipo de abastecimiento muy importante que es el referido a productos de lujo, ya sean del sector alimenticio o de otros sectores más especializados, joyería, confección, muebles, etc. que encuentran en Madrid un amplio mercado consumidor y un importante centro distribuidor y productor.

NOTAS 2.2.

- (1) RIGOTTI, G.: "Urbanismo. La Técnica" Ed. Lábor S.A. Barcelona. 1955. Pág. 701
  - (2) PAZ MAROTO: "Urbanismo y servicio urbanos" Tomo II. Madrid, 1974. Pág 136.
  - (3) PAZ MAROTO: "Urbanismo..." Op. cit. Pág. 594. Tomo I
  - (4) Informe del Canal de Isabel II: "Información técnica" M.O.P.U. Madrid 1980.
  - (5) COPLACO: "Estructura residencial y mercado de vivienda" En Análisis de problemas y oportunidades N°5. Madrid M.O.P.U. 1975, Pág. 35. Mapas 1-9
  - (6) GONZALEZ YANCI, P.: "Los accesos ferroviarios a Madrid" Instituto de Estudios Madrileños. Madrid, 1977
  - (7) COPLACO: "Comunicaciones", En análisis de Problemas y oportunidades. N°4, MOPU, Madrid, 1.975
  - (8) Sobre este apartado está el magnífico y voluminoso trabajo de mi compañero y amigo Dr. CORDOBA ORDONEZ, J.: "Barajas" Tesis doctoral, Madrid. Facultad de Geografía e Historia, 1980. Editada por la Univ. Complutense.
  - (9) Ayuntamiento de Madrid: " Resumen Estadístico 1978" Departamento de Estadística. Madrid, 1980. Págs 186-187.
  - (10) IDEM.
  - (11) Banco de Bilbao: Renta Nacional de España. Bilbao, 1977
  - (12) SANZ GARCIA, J.M.: "Madrid. ¿Capital del capital?" Prólogo de José Manuel Casas Torres. Instituto de Estudios Madrileños. 1975, Madrid.
- IDEM y CORRAL RAYA : "Madrid es así. Una semana de paseante en Corte". 1953. Págs. 623.
- (13) SANZ GARCIA, J.M.: " Madrid. ¿Capital del capital?. Op. cit. Pág. 20.
  - (14) MUÑOZ, J., ROLDAN, y SERRANO, A: "Qué es el capitalis-

mo español. La Gaya. Ciencia, Barcelona, 1977. Citado por Alonso Rodríguez, J.A. Algunas consideraciones en torno a la ubicación regional de Madrid y su futuro autonómico. Comunicación presentada a las I Jornadas de Estudios sobre la provincia de Madrid. Madrid. 1979. Pág 8.

(15) ALONSO RODRIGUEZ, J.A.: "Algunas consideraciones..." Op. cit. Pág 8.

(16) INI: Datos , dilemas y opiniones para una política regional de la empresa pública. M°Industria. Madrid, 1978, recogido por Alonso Rodríguez, J.A.: Op. cit. Pág 8.

(17) ALONSO RODRIGUEZ, J.A.: "El INI y el desarrollo regional" REV. El Cárabo, n°11 y 12. Madrid, recogido por el mismo autor. Cif. n. 8.

(18) COPLACO: "Informe sobre ordenación del territorio en el área metropolitana de Madrid. Bases para un debate" M.O.P.U. Madrid, 1980. Pág 35. Estos datos están obtenidos de las Tablas Input-Output de la provincia de Madrid. Inventica-Coplace. 1979.

(19) Banco de Bilbao: Renta Nacional de España. Bilbao. 1977 La elaboración de estos datos la ha realizado el alumno de la especialidad de Geografía e Historia de la Universidad Complutense D. Diego José Mañas Martínez, así como los comentarios que resume. DE igual forma y para la alumna Srta. Prado Mayor Fernández de Mera, el sector servicios es característico y dominante según los índices de Perpillou y Weaver por los costes de trabajo, según datos del Banco de Bilbao.

(20) COPLACO: Informe sobre ordenación del territorio en el área metropolitana de Madrid. Op. cit. Pág 31.

(21) Banco de Bilbao: "Renta Nacional de España" Op. cit. 1977 Estos análisis han sido realizados por los alumnos de la especialidad de Geografía como trabajo de curso en la asignatura de Técnicas de cuantificación en Geografía, para toda España.

Variables	Método de Perpillou valores caracterís- ticos según la des- viación típica. Tres grados 1,2,3.	Indice de Weaver Valores dominan- tes.	Indice de eaver Valores dominantes suprimiendo denomi- nadores. Jesús Muñoz Muñoz.
Valor añadido bruto (por Jesús Ruiz Turégano).....	1. PPAG - 1 TMET	NO HAY	TMET- EOPU-QUI-CCC- PPAG
Número de empleos (por M. Angeles Rodríguez Váz- quez) .....	2. PPAG - 1 TMET	NO HAY	EOPU-TMET- CCC- QUI- PPAG
Gastos de personal (por M. Luisa Rojas Burgos) ...	1 PPAG	-----	----
% Valor añadido bruto sobre el total de la producción (por Manuel L. Luna Climent).....	1 AL	-----	AGE-PPAG-EOPU
Costos de trabajo en la industria (por Ismael Ramírez Gómez) .....		NO HAY	TMET-EOPU-QUI
Valor añadido bruto por empleo (por M. Carmen Mé- rida Guerrero).....	1 AL-ICERVI	NO HAY	----
Producción total (por Pilar Muñoz Yubero) .....	1 TMET	-----	TMET-EOPU-QUI-AL
Empleo asalariado (por Santiago Martínez Igle- sias) .....	2 PPAG- 1 TMET	NO HAY	EOPU-TMET-CCC-QUI
Clave:	EOPU: Edificación y obras públicas AGE: Agua, gas y electricidad AL: Alimentación PPAG: Papel, prensa y artes gráficas QUI: Químicas y conexas TEX: Textiles CCC: Cuero, calzado y confección MAD: Madera y corcho CERVI: Cerámica y vidrio METB: Metálicas básicas TMET: Transformados metálicos		

(22) DOMINGUEZ ORTIZ, A.: "El abasto de pan a Madrid por los pueblos circunvecinos". Ponencia presentada en las Primeras Jornadas de Estudios de la provincia de Madrid. Diputación provincial de Madrid. Madrid, 1978.

(23) FERNANDEZ GARCIA, A. : "El abastecimiento de Madrid en el reinado de Isabel II" I. Estudios Madrileños. Madrid 1971.

(24) HUETZ DE LEMPS, M.A.: " Les grandes villes du monde" La documentation française. París. 1972. Pág 82.

(25) , Ayuntamiento de Madrid: "Resumen estadístico 1978" Excelentísimo Ayuntamiento de Madrid. 1980. Pág 140 y ss.

(26) HIGUERAS ARNAL, A.: " El consumo de frutas y verduras en Madrid ". Homenaje al Excmo, Sr. D. Amando Melón. Madrid. 1966. págs. 179-190.

### 2.3. El crecimiento espacial de Madrid.

Aunque no tengo la superficie urbanizada total de Madrid, puedo decir de forma aproximada, que el desarrollo de la misma ha sido el siguiente:

Madrid primitivo.....	86 Has.
Siglo XI .....	97,5 Has.
Siglo XV .....	125 Has.
1625 .....	532 Has.
1656 .....	400 Has.
Siglo XVII, finales ....	787,5 Has.
1860 .....	2.000 Has.
1875 .....	2.500 Has
1916 .....	4.500 Has.
1948 .....	6.675,8 Has.
1940 .....	Madrid y varios municipios de su alfoz 16.033 Has (cifra elevada)Ma- drid 8.800 Has.
1961 .....	10.000 Has.
1962 .....	13.200 Has.
1969 .....	23.147 Has. de un total de 191.000, es decir; Madrid y varios términos muni- cipales. Para mí 18.000 Has. aproxi- madamente.
1980 .....	20 - 25.000 Has.

Fuente: BIGADOR LASARTE, P.: "El desarrollo urbanístico de Madrid. En Madrid, 1964. I.E.A.L. Madrid, 1964. Págs 81-103.

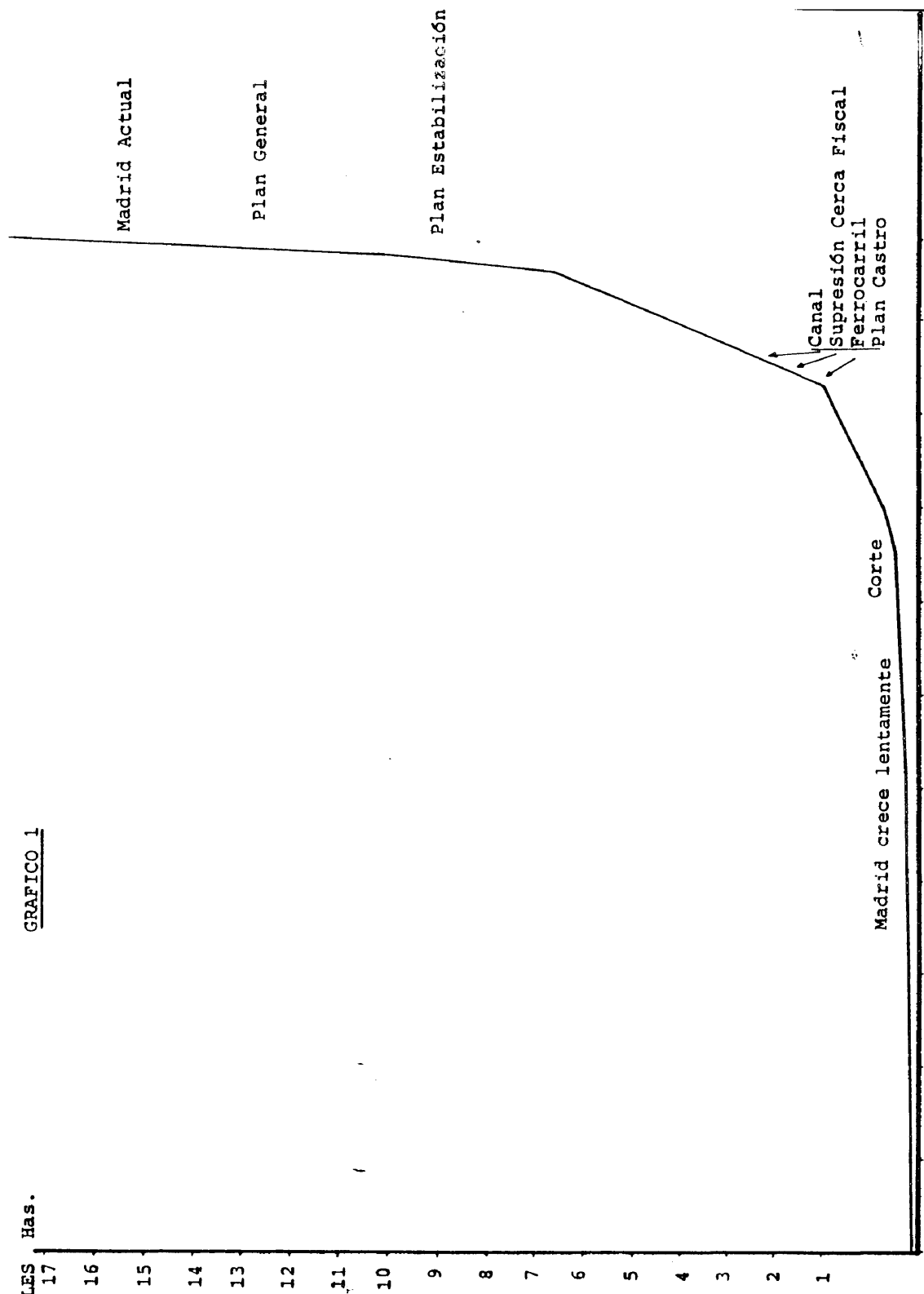
SANZ GARCIA, J.M.: "Madrid ¿capital del capital? I.de Estudios madrileños. C.S.I.C. Madrid, 1975. Págs 58-59

Apreciaciones personales basadas en el mapa topográfico nacional 1/50.000.

Madrid ha tenido un crecimiento espacial en fases de mayor desarrollo que se puede identificar con procesos históricos. Crece lentamente desde su fundación hasta el siglo XV. La capitalidad provoca un crecimiento vertiginoso que decae en siglo XVIII que es el de las reformas internas. El siglo

MILES Has.

GRAFICO 1



XIX tiene dos períodos; hasta 1860 de estancamiento, y hasta final de siglo en que la ciudad aumenta considerablemente, gracias entre otros hechos a la creación de Isabel II, el aumento se mantiene durante la primera mitad del siglo XX, y en definitiva hasta nuestros días, con el paréntesis de la guerra civil y la postguerra<sup>(años cuarenta)</sup>. La ciudad, agotadas las posibilidades de crecimiento urbano dentro del término municipal lo hace en el área metropolitana. Al mismo tiempo, la crisis económica, la falta de ayudas estatales y los altos tipos del interés bancario han generado un proceso de descenso de construcción y por tanto del crecimiento espacial.

Resulta importante comprobar como desde 1850, la ciudad ha crecido de forma exponencial, casi asintótica respecto a una paralela al eje de ordenadas. El abastecimiento de agua, es, entre otros, uno de los hitos que provoca este crecimiento, fruto de la voluntad de los políticos conservadores, que de esta forma promocionaban los movimientos especuladores de la burguesía y de los propietarios de terrenos. Este crecimiento ha sido visto por Coplaco (1), que reproduzco en el mapa adjunto en el que se puede apreciar las fases de crecimiento de forma clara.

Es preciso, no obstante, hacer algunas observaciones sobre el crecimiento espacial de Madrid: nuestra ciudad durante la Edad Media tuvo dos vecinas poderosas, Toledo y Segovia, que al ser más dinámicas frenaron sus posibilidades. Sólo, cuando los reyes hacen acto de presencia, de forma continuada, en los cotos de caza cercanos o en las Cortes que se convocan en una villa de Realengo, comienza el lento despegue del Madrid bajo-medieval y renacentista.

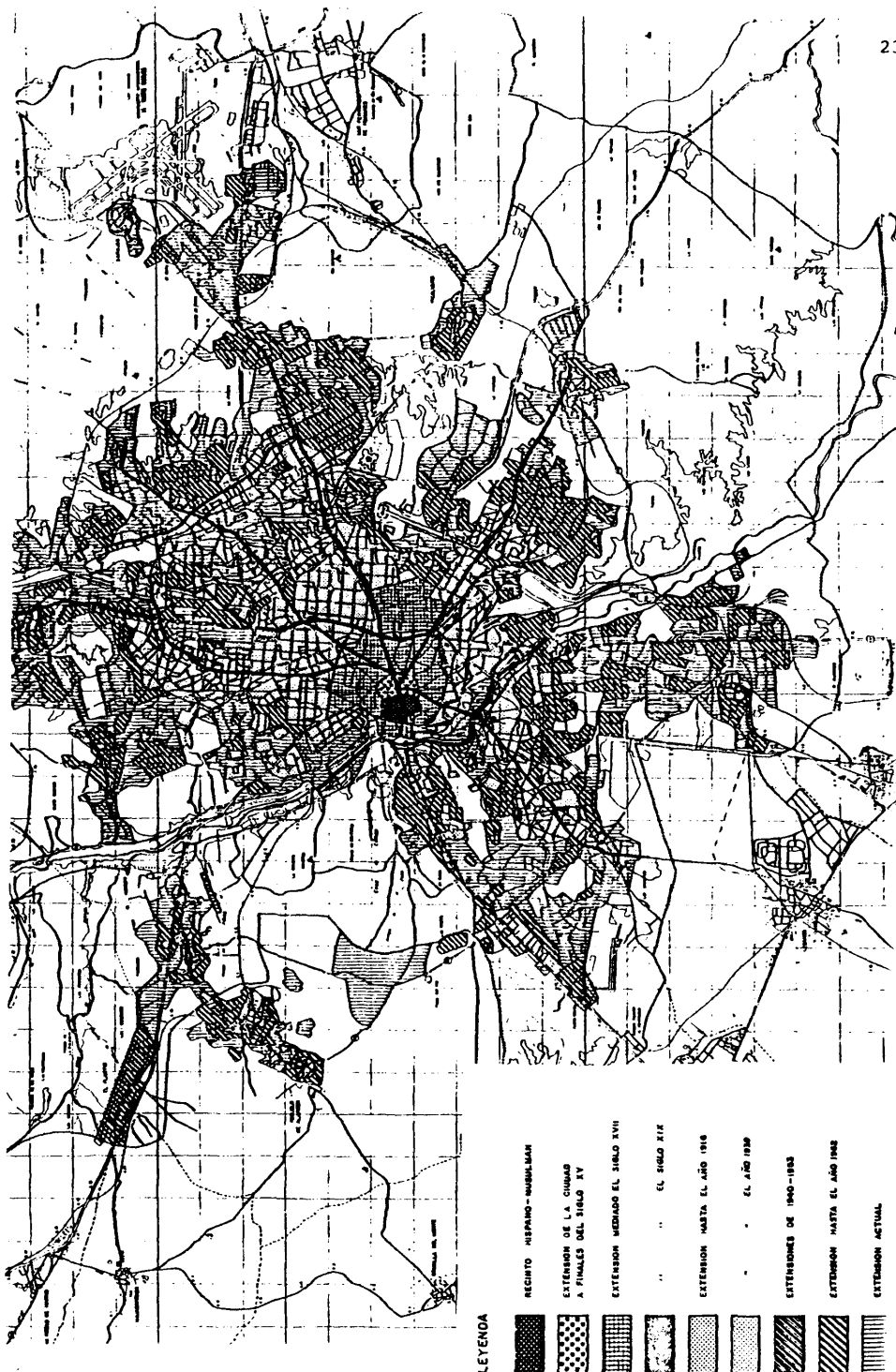
Carlos V y Felipe II no significaron, en un primer momento, más que unas visitas reales más, pero con posterioridad y en el reinado de Felipe II hubo de dotar a los funcionarios, que le acompañaban, de una sede cercana al Escorial



capaz de albergarlos, y se escoge Madrid por motivos diversos. Esto supone que crezca de forma extraordinaria con Felipe III y especialmente con Felipe IV y su valido el Conde-Duque, que es el primero que ve en la ciudad una sede para el gobierno de la Monarquía.

Los Borbones reafirman el hecho de la capitalidad de forma especial, pues tratan de embellecerla, pero no crece de forma espacial por las famosas "murallas de barro", o cerca fiscal, no obstante se adecenta o herosea y se mejora lo construido. Aumenta lentamente su población como veremos, pero no crece espacialmente. La primera mitad del siglo XIX mantiene la misma pauta, es decir, se arreglan lentamente los desperfectos de la guerra de la Independencia y se crean plazas sobre los conventos derribados, bien por José I, bien por la Desamortización de Mendizabal. En esta época ya habían desaparecido de Madrid todo resto de vegetación<sup>natural</sup>, conservándose ésta en los patrimonios reales.

La expansión madrileña comienza con la creación del Canal, sigue con el derribo de la cerca y prosigue con el Plan Castro, al que seguirán otros, como el de la Ciudad Lineal, pero Madrid, lejos de crecer de forma planificada, aumenta allí donde no existen planes, en las Ventas del Espíritu Santo, en Cuatro Caminos, En el Puente de Vallecas, en definitiva en los barrios periféricos cercanos a vías de acceso y exteriores a los Planes de Ensanche. Durante la primera mitad del siglo XX se van rellenando los espacios planificados y se realizan otros nuevos. Se rellena el Plan Castro, se realiza la Ciudad Lineal, El Viso, la Ciudad Jardín, la Ciudad de la Prensa, etc. Al mismo tiempo, la extensión del abastecimiento de agua permite la construcción de todos estos Planes, se crean líneas de tranvía, se alumbrá con gas y electricidad la ciudad; en 1917 se crean la primera línea de Metro, se comienza la construcción del eje subterráneo Chamartín- Atocha, se realizan multitud



LEYENDA

- RECINTO HISPANO-MUSULMAN
- EXTENSION DE LA CIUDAD A FINALES DEL SIGLO XV
- EXTENSION MEDIO DEL SIGLO XVI
- EL SIGLO XVII
- EXTENSION HASTA EL AÑO 1816
- EL AÑO 1830
- EXTENSIONES DE 1840-1883
- EXTENSION HASTA EL AÑO 1902
- EXTENSION ACTUAL

de reformas interiores como la gran Vía, se piensa y presenta el Plan Zuazo, etc., pero la Guerra Civil detiene el proceso.

Finalizada esta, el régimen político del Generalísimo Franco refuerza la permanencia de Madrid como capital político-administrativo del Estado(2), decidiendo hacer una gran ciudad símbolo de la nación. Se crean polos industriales del INI, con industrias especializadas, como ENOSA, La Marañosa, ENASA, etc., empresas que tenían un número de obreros pequeño y un gran valor añadido. En 1.939, se crea el Instituto Nacional de la Vivienda y la Ley de Viviendas protegidas que construye 780 viviendas anuales en el decenio 40-50, cifra ciertamente escasa, aunque el número total fuese de 3.200; en definitiva, 35.000 familias madrileñas vivían realiquiladas y el déficit era de 4000 viviendas anuales. La ordenación de Madrid se regirá por el plan de 1.941 aprobado en 1.944, realizado por la Junta de reconstrucción con la recientemente creada Comisaría de Urbanismo. Sus proyectos principales para orientar el crecimiento son; la prolongación de la Castellana, el enlace ferroviario Atocha-Chamartín y los poblados satélites (plan Zuazo modificado por Bigador). Pero la ciudad creció ilegalmente en los barrios de Tetuán, Ventas, Vallecas, Villaverde y Carabanchel, sin agua, alcantarillado, en condiciones penosas; las aguas sucias recorrían las calles irregulares de las colonias de chabolas, este fenómeno pervive hasta nuestros días, ya que como hemos visto el número de infraviviendas es todavía bastante alto en determinadas zonas. Hacia 1.948-50 (3) se acelera el crecimiento de la población y comienza la anexión de los municipios de Aravaca, Fuencarral, Chamartín, Hortaleza, Vallecas, Vicálvaro, Los Carabancheles, etc. Hacia 1.955 se canaliza el Manzanares y se realizan gran número de viviendas en la Concepción y Niño Jesús, se emprenden nuevos barrios como la Florida, Puerta de Hierro, Mirasierra, etc. y los inmigrantes se construyen sus casas en el Cerro del Tío Pío, Pozo, Elipa, etc.

El Plan General de 1.961 y la Obra Sindical del Hogar, así como el Ministerio de la Vivienda, permiten la extensión de Madrid de forma total, las zonas verdes se convierten en redes viarias, se crean el Plan de Urgencia Social que construye 60.000 viviendas en dos años, así aparecen los nuevos barrios de San Blas, Villaverde, Orcasitas, San Fermín, San Cristobal de los Angeles, Entrevías, Manoteras, Fuencarral, Canillas, y la Elipa, gracias a la política liberalizadora del Plan de Estabilización y a la gestión de J.L. Arrese. Pero si bien a nivel cuantitativo se lograron éxitos importantes, la calidad de la urbanización era deficiente, particularmente en las unidades vecinales de absorción (UVA), que eran viviendas de tipo provisional. Apesar de todo lo construido en los años 60, se calculaba un déficit de viviendas de 96.000.

El crecimiento más importante de Madrid se realiza entre 1.963 y 1.976 (4). Se industrializa la ciudad y los pueblos de Villaverde, Vallecas, Canillejas, Vicálvaro, Getafe, Leganés, Alcalá, Torrejón, Coslada y San Sebastián de los Reyes. Se crean nuevas promociones urbanísticas paralelas a las citadas anteriormente, que eran estatales, así aparecen los barrios de Moratalaz, El Pilar, Aluche, Hortaleza, Alcorcón, Getafe, Leganés y otros pueblos, que ven pasar sus poblaciones de unos miles a decenas y centenas de millar. Se crean redes interiores de transporte, aparcamientos, autopistas de acceso e internas, se construyen viviendas de forma extraordinaria; la Obra Sindical mejora sus modelos de edificación de forma cualitativa y cuantitativa, pero la construcción es deficitaria en los pueblos cercanos a la ciudad, Pinto, Parla, Azuqueca, etc. Los déficits ya no están en la ciudad sino en los municipios del área metropolitana. Madrid se remodela y extiende con la creación del Plan General y de COPLACO. Aparecen así las grandes edificaciones de AZCA, Colón, Generalísimo, Altamira, Ciudad de los Periodistas, <sup>de</sup> Algunas zonas de Madrid y de la provincia son en estos años verdaderas ciudades hongo con todos los problemas que plantean el abastecimiento de agua a una ciudad, que ha crecido espacialmente mas de tres cuartas partes en los úl-

timos veinticinco años, en los que el Canal se ha visto desbordado en algunas ocasiones por la ingente masa de edificación y consecuentemente de población que ha tenido que abastecer. (5)

#### NOTAS 2.3.

- (1) COPLACO: Medio ambiente. Análisis de problemas y oportunidades. nº 2. MOPU. Madrid, 1.975.
  - (2) GAGO, V. y LACACI, C.: El crecimiento de Madrid a partir de la Guerra Civil. En "Curso de urbanismo". Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos, Madrid, 1.976. Pág. 67-92.
  - (3) COPLACO: Medio ambiente, Op. cit.
  - (4) GAGO: El crecimiento de Madrid, Op. cit. Página 82.
  - (5) Como curiosidad, el Canal publicó en los años 50 en una de sus memorias, (1.946-50), una nota acerca del aumento espacial de Madrid, con los siguientes valores: a) (Madrid, cuando se denominaba Mantua (uno de los nombres ficticios de la ciudad dado por los renacentistas...) superficie 131 Ha. b) En 1.003, cuando la conquistó Alfonso VI, 397 Has. c) 1.561, Madrid, corte de Felipe II, 923 Has. d) 1.850 año de la creación del Canal, 6.967 Has. e) 1.950 anterior a las anexiones: 64.000 has.
- Si se moviese la coma un lugar hacia la izquierda tendríamos:

	Canal 1.950 con modificación de la coma	Datos propios
S. X	13,1 Has.	86 Has.
S. XI	39,7 "	97,5 "
año 1.561	92,3 "	S. XV 125 "
" 1.850	696,7 "	1.860 2000 "
" 1.950	6400 "	1.948 6675,8 "

Sobre todo si se piensa que Madrid tiene un término Municipal total, urbanizado y no urbanizado, de 60.000 Has., con todos los municipios anexionados hacia 1.950, Carabancheles, Villaverde, Vicálvaro, Fuencarral, El Pardo, Hortaleza.

#### 2.4. Relación entre la capacidad de abastecimiento y el crecimiento de la ciudad.

Es evidente, que todo lo que no crece muere lentamente, de ahí que la expansión de una ciudad necesite, de forma fundamental, un abastecimiento de agua seguro y eficaz.

Los ríos de la provincia de Madrid (1) tienen capacidad suficiente para abastecer la capital, ya que son 1.099,1 Hm<sup>3</sup>. los volúmenes de agua embalsados en 37 embalses, aunque algunos de ellos estén dedicados a la producción de energía eléctrica.

##### EMBALSES DE LA PROVINCIA DE MADRID

Capacidad en millones de metros cúbicos	Número de embalses	Capacidad total en mi- llones de metros cúbicos
Menos de 1.....	22	7,1
1-9,9 .....	3	11
10-49,9 .....	7	227
50-99,9 .....	2	142
100-499,9 .....	3	712
Total .....	37	1.099,1

Fuente: Bajón Pérez.

El mayor de ellos es el Atazar, sobre el río Lozoya, que posee una capacidad de 426 Hm<sup>3</sup>. Sin embargo Madrid detrae aguas de ríos extraprovinciales, como se puede ver en el cuadro que va adjunto, Con esto la capacidad actual del Canal de Isabel II que abastece a la ciudad es superior a la capacidad provincial:

Años	Embalses	Capacidad de los embalses	Incremento de la capacidad
1855	Pontón de la Oliva-		
	-Navalejos (Lozoya)	3 Hm <sup>3</sup>	3 Hm <sup>3</sup>
1880	El Villar (Lozoya)	21 "	24 "
1925	Puente Viejas (Lozoya)	21 "	45 "
1936	Recrecimiento de Puen-		
	tes Viejas	29,7"	74,7"
1950	El Vado (Jarama)	55,7"	130,4"
1958	Riosequillo (Lozoya)	50 "	180,4"
1965	Pinilla (Lozoya)	37,5"	217,9"
1966	Pozos Ranney	1 "	218,9"
1967	El Vellón (Guadalix)	41,2"	260,1"
1967	Picadas (Alberche)	100 "	360,1"
1971	Santillana (Manzanares)	91,1"	451,2"
1972	El Atazar (Lozoya)	426 "	877,2"
1975	Captaciones profundas		
	Madrid	1 "	878,2"
1976	Valmayor (Aulencia)	124,5"	1.001,7"
1977	Pozo de los Ramos		
	(Sorbe)	100 "	1.101,7"
1977	Pozo de las Nieves		
	(Guadarrama)	-	-
1982	Jarama medio (Jarama)	280 "	1.381,7"

Fuente: Canal de Isabel II, Elaboración personal.

La relación entre el incremento de la capacidad de los embalses y el crecimiento espacial de Madrid es evidente:

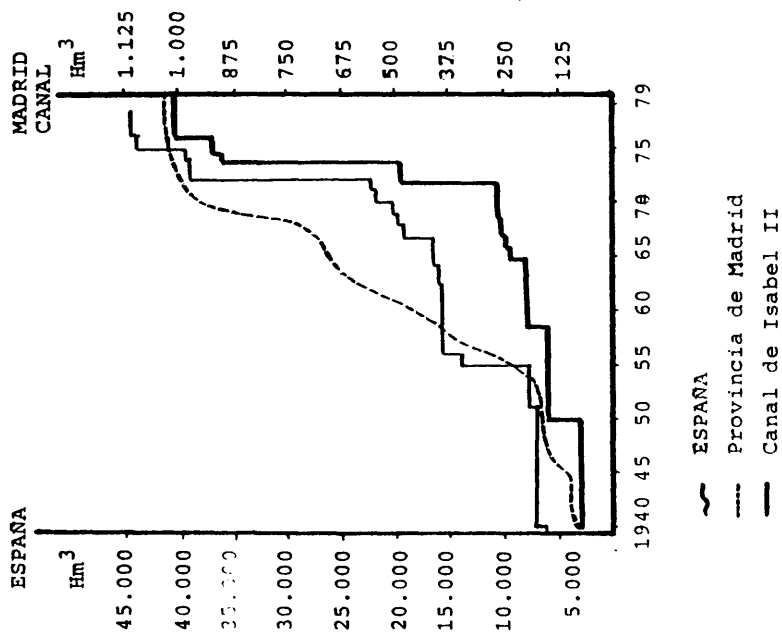
Años	Superficie	Capacidad de los embalses
1855	2.000 Has.	3 Hm <sup>3</sup>
1936	-	74,4 "
1950	6.675,8 "	130,4 "
1961	10.000 "	217,9 "
1980	25.000 "	1.101 "



Madrid triplica su superficie entre 1.855-1950 y lo vuelve a hacer entre 1950-1980. He dividido el tiempo en estos dos periodos ya que están relacionados con épocas en las que existe una gran influencia de la construcción de embalses; la primera que coincidiría con el crecimiento espacial madrileño, provocado, entre otros hechos, por la creación del Canal y dura cien años, la segunda coincide con la realización de nuevas presas que han dotado a Madrid de un seguro abastecimiento de agua y dura 30 años. En estos dos periodos el incremento de la capacidad de los embalses ha sido; durante el primero, casi cincuenta veces mayor, y en el segundo casi ochenta veces mayor. Es decir, que no sólo se ha pensado a la hora de incrementar la capacidad de los embalses, en el crecimiento espacial, que es consecuencia del de superpoblación, sino que se ha previsto que la dotación de Madrid aumentaría de forma cuantitativa, (e incluso cualitativa, ya que el tratamiento de agua ha variado desde la autodepuración establecida con los embalses de Puentes Viejas y el Villar, hasta las estaciones de tratamiento actuales, pasando por los procesos de cloración). Si bien, dentro de estos dos periodos ha habido, como es lógico pensar, épocas de crecimiento más pausadas, particularmente en el primero de ellos.

El incremento de la capacidad de los embalses del Canal de Isabel II ha seguido una evolución similar al aumento de la capacidad de los mismos en la provincia de Madrid, que es donde están ubicados la mayor parte de los anteriores. Igualmente ha seguido un paralelismo idéntico al conjunto nacional, cuarenta veces mayor, que también está en relación con el peso de la población madrileña. Pero es importante hacer notar, que hubo en los años sesenta un notable desfase entre la evolución de la capacidad de embalse a nivel nacional y la del Canal, precisamente en años en que hubo una época de sequía, que tuvieron que soportar los madrileños en forma de restricciones. (Gráfico 1).

GRAFICO 1 EVOLUCION DE LA CAPACIDAD DE LOS EMBALSES DE ESPAÑA, MADRID Y CANAL



Fuente: Fernando Bajón Pérez  
y Elaboración personal.

## NOTAS. 2.4.

(1) BAJON PEREZ, F.: "El agua de la provincia de Madrid". Comercio e industria. Madrid, noviembre 1980. Pág 16.

**PROVINCIA DE MADRID**  
**EMBALSES Y CENTRALES HIDROELECTRICAS**  
**(AÑO 1978)**

RIOS	EMBALSES		CENTRALES HIDROELECTRICAS		
	Nombre	Capaci- dad	Nombre	Potencia	Producción
		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		kW	10 <sup>6</sup> kWh
1. Tajo .....	Embocador	0,2	1. El Embocador	340	0
2. Tajo .....	Valdajos	0,5	—	—	—
3. Alberche .....	Las Picadas	17,0	2. Las Picadas	20.000	62.183
4. Alberche .....	San Juan	162,0	3. San Juan	33.440	76.910
5. Cofio (Alberche) .....	Robledo	0,2	—	—	—
6. El Tobar (Alberche) .....	El Tobar	0,5	—	—	—
7. A. del Cura (Alberche) .....	Navalagamella	0,2	—	—	—
8. Perales (Alberche) .....	Carro Alarcón	1,0	—	—	—
9. Guadarrama .....	Molino de la Hoz	0,4	—	—	—
10. A. Pradera (Guadarrama) .....	Los Rosales	0,2	—	—	—
11. Guadarrama .....	Las Nieves	0,6	—	—	—
12. A. Encinilla (Guadarrama) .....	La Encinilla	0,1	—	—	—
13. Guatell (Guadarrama) .....	La Jarosa	7,0	—	—	—
14. A. de los Lirios (Guadarrama) .....	Los Molinos	0,2	—	—	—
15. A. de la Venta (Guadarrama) .....	A. de la Venta	0,1	—	—	—
16. Aulencia (Guadarrama) .....	Aulencia	0,2	—	—	—
17. Aulencia .....	Valmayor	124,0	—	—	—
18. Aulencia .....	Granjilla II	0,2	—	—	—
19. Aulencia .....	Granjilla I	0,3	—	—	—
20. Aulencia .....	El Batán	0,4	—	—	—
21. A. Boquerón (Guadarrama) .....	Valle de los Caídos	0,1	—	—	—
22. Romeral (Guadarrama) .....	El Romeral	0,3	—	—	—
23. Ladrón (Guadarrama) .....	Los Arroyos	0,6	—	—	—
24. Jarama .....	Del Rey	0,5	—	—	—
25. G. Trasierra (Jarama) .....	Peñascales	0,1	—	—	—
26. Manzanares (Jarama) .....	El Pardo	45,0	—	—	—
27. Manzanares .....	Santillana	91,0	4. Navallar	3.800	9.867
			5. El Grajal	212	0
28. Navacerrada (Jarama) .....	Navacerrada	11,0	—	—	—
29. Navalmedio (Jarama) .....	Navalmedio	0,7	—	—	—
30. Guadalupe (Jarama) .....	El Vellón	44,0	—	—	—
31. A. Miraflores (Jarama) .....	Miraflores	0,5	—	—	—
32. Lozoya (Jarama) .....	Pontón de la Oliva	3,0	—	—	—
33. Lozoya .....	El Atazar	426,0	—	—	—
34. Lozoya .....	El Villar	23,0	6. Torrelaguna	6.005	8.737
35. Lozoya .....	Puentes Viejas	51,0	—	—	—
36. Lozoya .....	Riosequillo	49,0	—	—	—
37. Lozoya .....	Pinilla	38,0	—	—	—

### 2.5. El crecimiento de la red de distribución interior y el crecimiento espacial y demográfico.

En el crecimiento madrileño, quizás sea más expresivo si analizamos el crecimiento de la red de distribución interna de la ciudad. (Cuadro 1, gráfico 1) No se cuentan, sin embargo, hechos como los de los antiguos viajes, que tenían una red importante ni de la Hidráulica Santillana que funcionaba desde 1905. Sólo en los últimos años, desde la fusión del CANal con Santillana se cuenta la red totalizada.

Cuadro 1:

Años	Longitud de la red	Aumento respecto de la cifra anterior
1856	0	0 %
1875	100 Km	100 %
1890	125 "	25 %
1910	250 "	100 %
1920	300 "	20 %
1925	415 "	38 %
1927	453 "	10 %
1929	500 "	-
1940	650 "	30 %
1950	798 "	22 %
1960	1.500 "	88 %
1965	2.037 "	35 %
1969	2.620 "	29 %
1974	3.300 "	23 %
1975	3.382 "	-
1976	3.476 "	-
1977	3.566 "	-
1978	3.710 "	-
1979	3.814 "	15,5%

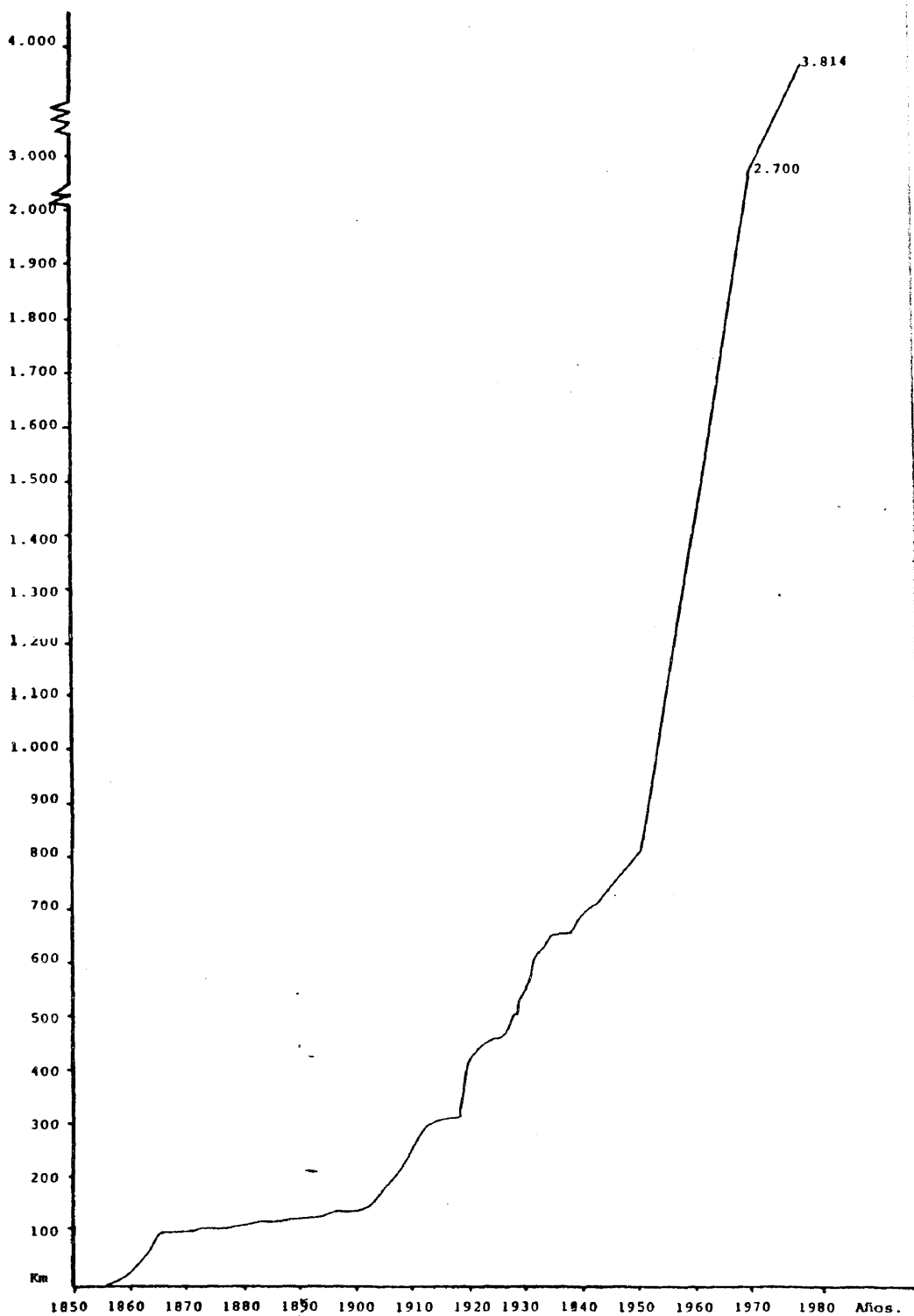
Fuente: CANal de Isabel II. Elaboración personal.

En los primeros años, el Canal tiene que instalar la red de distribución; hechas las nivelaciones pertinentes y realizado el primer plano de curvas de nivel de Madrid en pies de Burgos. Durante estos años, la red alcanza los 100 Km y esta situación se mantiene hasta fin de siglo con ligeras ampliaciones. Entre 1890 y 1910 se construyen nuevas redes, que van a suponer un aumento del 140% respecto a la fecha de

Gráfico 1.

El crecimiento de la red de distribución interior de Madrid.

241.



creación del sistema; con la ampliación hacia el ensanche, o Plan Castro. Es una de las épocas en que el Canal ha crecido en más cantidad de forma proporcional, y coincide también con la creación del Canal Transversal. Esta situación de crecimiento elevado se mantiene hasta 1.925-1.929 y a partir de este momento se hace más lento, incrementándose la red entre 1.925-1.929 y 1.950 sólo el 92% en todo el período y respecto de la primera fecha. Es clara la influencia de períodos críticos, Segunda República, Guerra Civil y postguerra. A partir de 1950 el crecimiento se dispara, particularmente entre 1.950 y 1.969, aumentando la red en el período el 228%, respecto de la primera fecha. No obstante, hay que distinguir dos períodos de decenales; en el primero la red crece un 88% y el segundo un 74%, coincide este espectacular desarrollo con todo el proceso de urbanización del Madrid en los años 60-70, mientras que en el primer decenio el crecimiento coincide con las obras de la red de distribución para abastecer zonas ya urbanizadas y con déficits debidos a la Guerra Civil y los años 40. Es decir, serían infraestructuras para apoyar los déficits anteriores en el primer caso, e infraestructuras para la nueva y creciente urbanización en el segundo decenio.

Por último, a partir de 1.969 la red aumenta de forma más lenta, porcentualmente, aunque el ritmo sea superior a los decenios anteriores a la Guerra Civil. Es notable, que el crecimiento de la red haya aumentado desde ese año hasta 1.979 el 45%, pero con dos quinquenios diferenciados, el primero, de 1.969 a 1.974 aumenta el 23%, mientras que de éste a 1.979 sólo el 15%. Es decir, que se mantiene en el primer quinquenio la tónica de crecimiento anterior, mientras que en el último ha aparecido ya la crisis actual y ha hecho disminuir el crecimiento porcentual de la red de distribución. En conjunto, este último período, ha estado marcado por un curioso fenómeno y es el de la extensión de la red en los municipios limítrofes a Madrid, o del área metropolitana,



Fuente: Colegio  
Of. Arquitectos de Madrid  
Cartografía Básica de la  
Madrid, 1.979. Lámina 103  
1.855. Autor: Morer

que tenían un deficiente equipado y una red de abastecimiento insuficiente. La culminación de este proceso ha sido, en el año 1.980, el abastecimiento de Parla, Pinto, Fuenlabrada y Móstoles.

De todo el proceso de el crecimiento de la red comienza dar noticias los periódicos de la época (1) y el mapa 1 del Ingeniero Morer. El 24 de junio de 1.858 llega el agua a San Bernardo, el 14 de febrero del 59 aparece en la Plaza de Santo Domingo. El 17 de febrero se coloca una fuente en la Plazuela de Leganitos. El 18 llega el agua a la red de San Luis, el 21 de ese mes está abastecido de fuentes públicas el Cuartel Alto de Madrid, zona de San Bernardo, Puerta de Bilbao, etc. El 3 de marzo se está construyendo la arteria que llevará agua a la Plaza Mayor, y desde Platerías al Prado por la Carrera de San Jerónimo. El 7 de marzo llega el agua a la calle Valverde, el 31 a Fuencarral y a la Plaza de San Ildefonso. En mayo se abastecen las fuentes de la calle del Pez y de la Luna. En julio llega el agua a Chamberí, junto al actual Eloy Gonzalo, antes Paseo de la Habana. En septiembre se abastece el teatro de Oriente y la Plaza de la Opera. En noviembre y diciembre el agua llega ya a Carretas y Montera. En enero de 1.860 se colocan las cañerías en la calle de Alcalá y en marzo se llega a la Puerta del Angel y a la calle del Correo. En enero de 1.861 el agua llega a Atocha. En abril se continúa la arteria de la calle Toledo y en mayo ya está en Antón Martín, Santa Ana y el Retiro, en junio llega a los Mostenses, En agosto se comienzan las obras que harían llegar el agua hasta Carabanchel, y en el mismo mes se introducé una cañería de agua en la estación de Atocha. Comienza el 20 de agosto ante el asombro de los madrileños el riego de las calles por medio de mangas y bocas de riego. En 1.862 el agua se distribuye por las calles cercanas a lo que hoy día es la Gran Vía, Puerta del Sol y Arenal. En marzo llega a Jacometrezo y en mayo del 63 llega a la calle de Bailén y a Progreso, actual de Antón Martín. El 19 de noviembre de 1.863 la fuente de la Cibeles funciona con surtidores nuevos y agua del Canal.



En 1864 se mandan hacer 800 bocas de riego, y como detalle anecdótico, el 22 de marzo de 1.865 aparecieron anguilas en las fuentes abastecidas por agua del Canal de Isabel II. El mismo año se pensaba que estaría ya completa la red de distribución de Madrid. El proceso era tan rápido que en un mes se realizaban 0,5 Km de red. Por ejemplo, el 25 de enero se abastecen las calles de Embajadores, Lucientes, Encomienda y Travesía de la Encomienda, en los barrios bajos, donde se instalaron menor número de fuentes que en los altos, y este hecho, provocaba riñas frecuentes entre los usuarios. El 1 de agosto de 1.868 el agua llega a Pozas y Argüelles. En 1.870 llega al Casino de la Reina en la Glorieta de Embajadores. Al mismo tiempo que se construye el segundo depósito comienzan a llegar las quejas de los madrileños sobre las aguas turbias y los primeros intentos frustrados de municipalización.

En 1.861 el agua llega a Cuatro Caminos, y en 1.883 al Hipódromo y la Castellana, con lo cual se completaba el recinto madrileño de 1.850 y se permitía el futuro crecimiento de Madrid porque además se habían creado las arterias de la calle Pacífico en 1875, y del Barrio de Salamanca en 1.877.

En 1.882 y 1.883, llega a los Barrios de Justicia, Barrio de Argüelles de forma total, Recoletos, San Bernardino hasta la Carcel Modelo y parte Este de Madrid.

En esta primera época el Canal había realizado las tres grandes arterias primitivas: la primera por San Bernardo, Santo Domingo, por Costanilla de los Angeles, Calle Fuentes y Ciudad Rodrigo, Plaza Mayor y Calle Toledo. La segunda por las calles de Fuencarral, Montera, Puerta del Sol, Carretas y Atocha y la tercera transversal a la Puerta del Sol, prolongándose por un lado hasta Bailén por Mayor, y por otro hasta Neptuno por la Carrera de San Jerónimo.

Al mismo tiempo que se extendía la red de distribución por la ciudad desde el Retiro hasta Palacio y desde Chamberí hasta Delicias, se canalizaba el agua para riego por las acequias; la acequia Sur se crea en el año 1.876, la Norte entre 1.866-81 y la acequia Este que la terminaron hacia 1.882 (2).

Una vez realizada y terminada la red de distribución, el proceso de abastecimiento se fue completando con las tomas de los particulares para elevarla a sus domicilios, y estos mismos hicieron sus propias canalizaciones, al igual que el Ayuntamiento que colocó gran número de cañerías propias. De este modo, hasta 1.902 se mantuvo la red sin crecer, como se puede ver en el gráfico 1, con cien kilómetros de conducciones. A partir de esta fecha, comienza otro período de gran expansión de la red. El Canal de Isabel II cubre previsoramente las inmediatas atenciones de aumento de superficie y de consumo. La población es de más de medio millón de habitantes, se ha duplicado al igual que la superficie.

Así, en 1.905, se solicitan aguas de la acequia del Este, (el famoso "Canalillo" del Este) para el riego de fincas en las Ventas del Espíritu Santo y Barrio de Madrid moderno, (desde la Plaza de Manuel Becerra a la de Ventas), este agua que hipotéticamente iba destinada al riego sirvió para abastecer de agua el núcleo urbano de las Ventas.

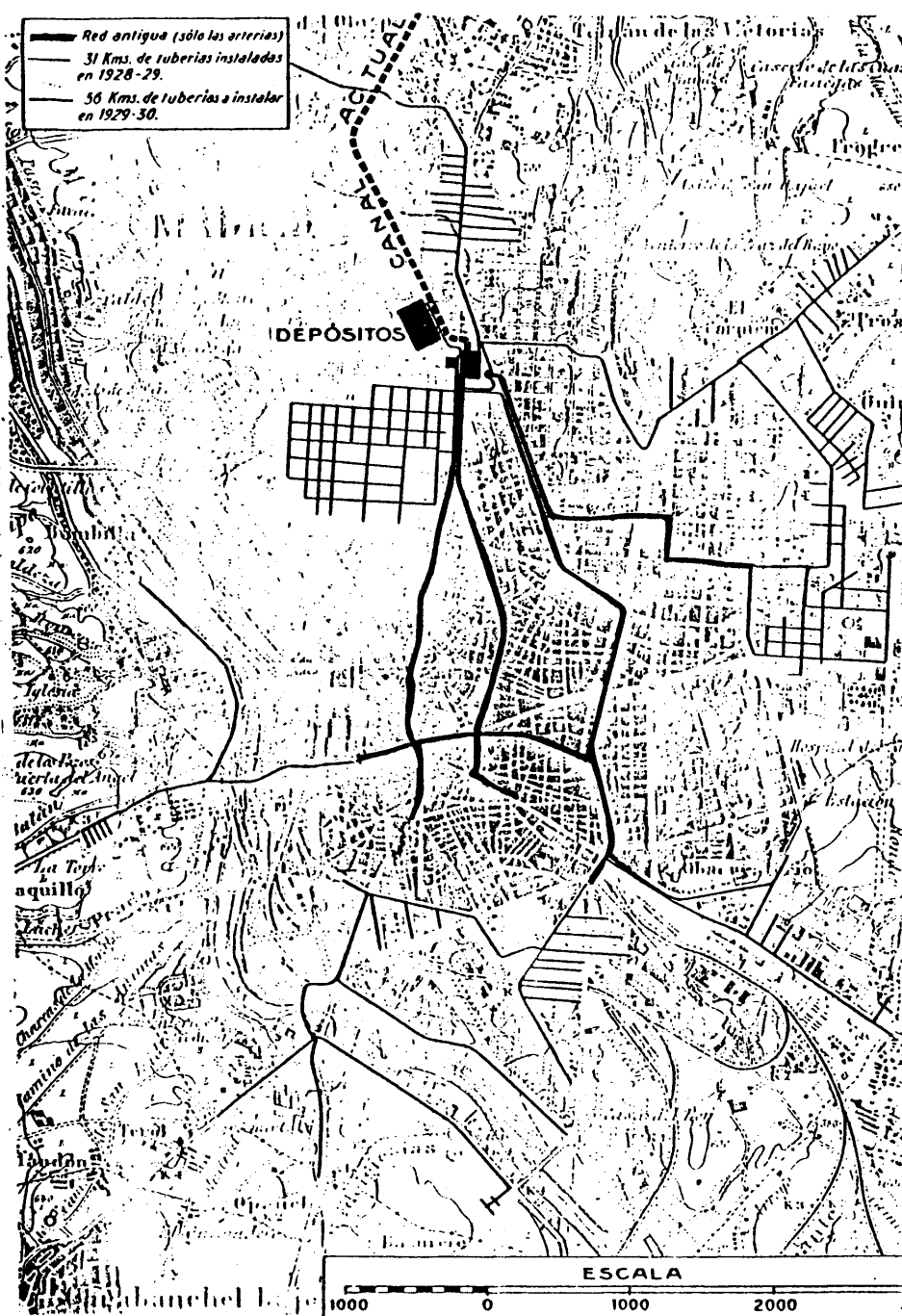
También se pide agua para abastecer todo Cuatro Caminos y el Barrio de la Prosperidad. La red traspasa el Barrio de Salamanca en el que se están realizando nuevas conducciones de 1.876 a 1.918, y llega a los nuevos Barrios creados fuera del Ensanche, particularmente en el este y sur: En 1.896 el agua llega a la calle de O'Donnell y al Arroyo Abroñigal (Compañía Madrileña de Urbanización). En 1.899 se pide autorización para llevar agua a Vallecas, pero el encargado de construir la red será el propio Ayuntamiento de la Villa.

Hacia 1.914, el abastecimiento de agua llega no sólo al ensanche del Plan Castro, que lo hizo a partir de 1.899, sino a los núcleos que habían aparecido fuera de él; Ventas, Cuatro Caminos, Puente de VALLECAS, Hipódromo, Prosperidad, lo que ahora se denomina Guindalera, Madrid moderno y barrio de Pacífico. Desde 1.914 a 1.918 se detiene el proceso de crecimiento de la red debido a que la Guerra Europea impidió la compra de tuberías.

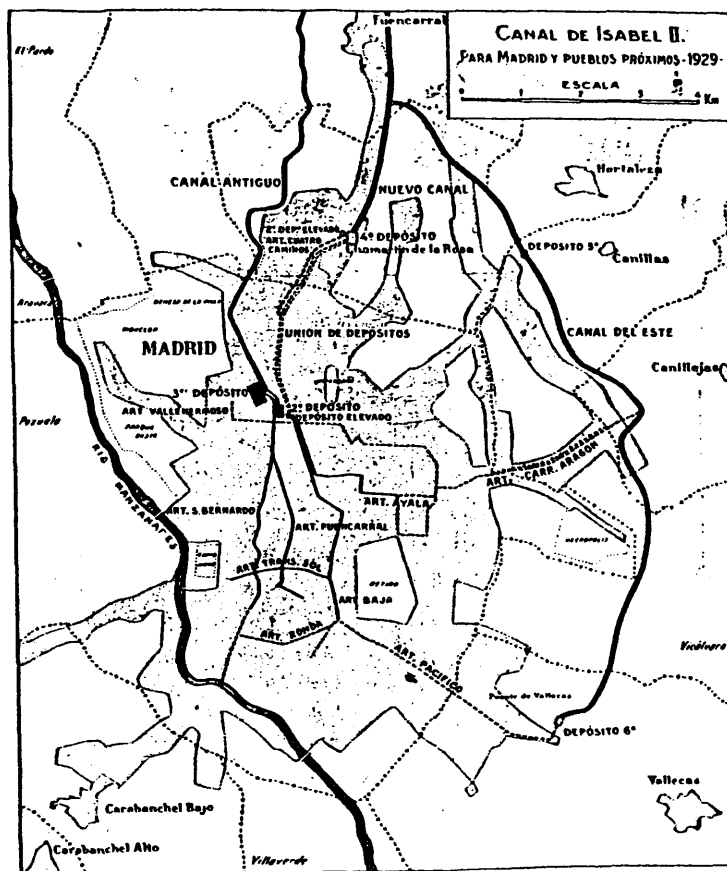
La red se aumenta desde esta última fecha hasta 1.936, con cortas interrupciones, y con un crecimiento más lento pero constante. El Canal va atendiendo las necesidades del crecimiento espacial madrileño, una vez que han pasado los primeros años de fuerte crecimiento de la red de distribución bien por el tendido interno, bien por la ampliación al ensanche. El nuevo tendido se hace a los barrios de reciente creación. La población, hacia finales de los años 20 se encontraba ya en 850.000 habitantes, pero la red primitiva de los barrios periféricos era insuficiente, y se realizan mejoras, sobre todo se completa el abastecimiento, ya que no es lo mismo que el agua llegue a una fuente de vecindad o caño público, a que exista un trazado de la red que permita el abastecimiento domiciliario.

Hacia 1.929-30, mapas 2 y 3, el Canal traspasó la frontera del río Manzanares, hacia la carretera de Extremadura y los Carabancheles. Llega a Delicias, Vallecas y colonias adyacentes. El Madrid moderno, es decir, el Este, completa su sistema de abastecimiento por extensión de la red, así como el barrio de Tetuán. Sin embargo, ya existía como proyecto la construcción del Canal del Este, paralelo a la Ciudad Lineal de Arturo Soria, para abastecer los barrios del este y sur madrileño por medio de la arteria de Aragón, en la antigua carretera de Aragón, hoy tramo final de la calle de Alcalá, al este de Ventas y por la prolongación de la arteria de Pacífico mejorar el abastecimiento a

MAPA 2.  
Fuente: Canal de Isabel II. Memoria 1929-30. Exposición Iberoamericana de Sevilla.



MAPA N° 3



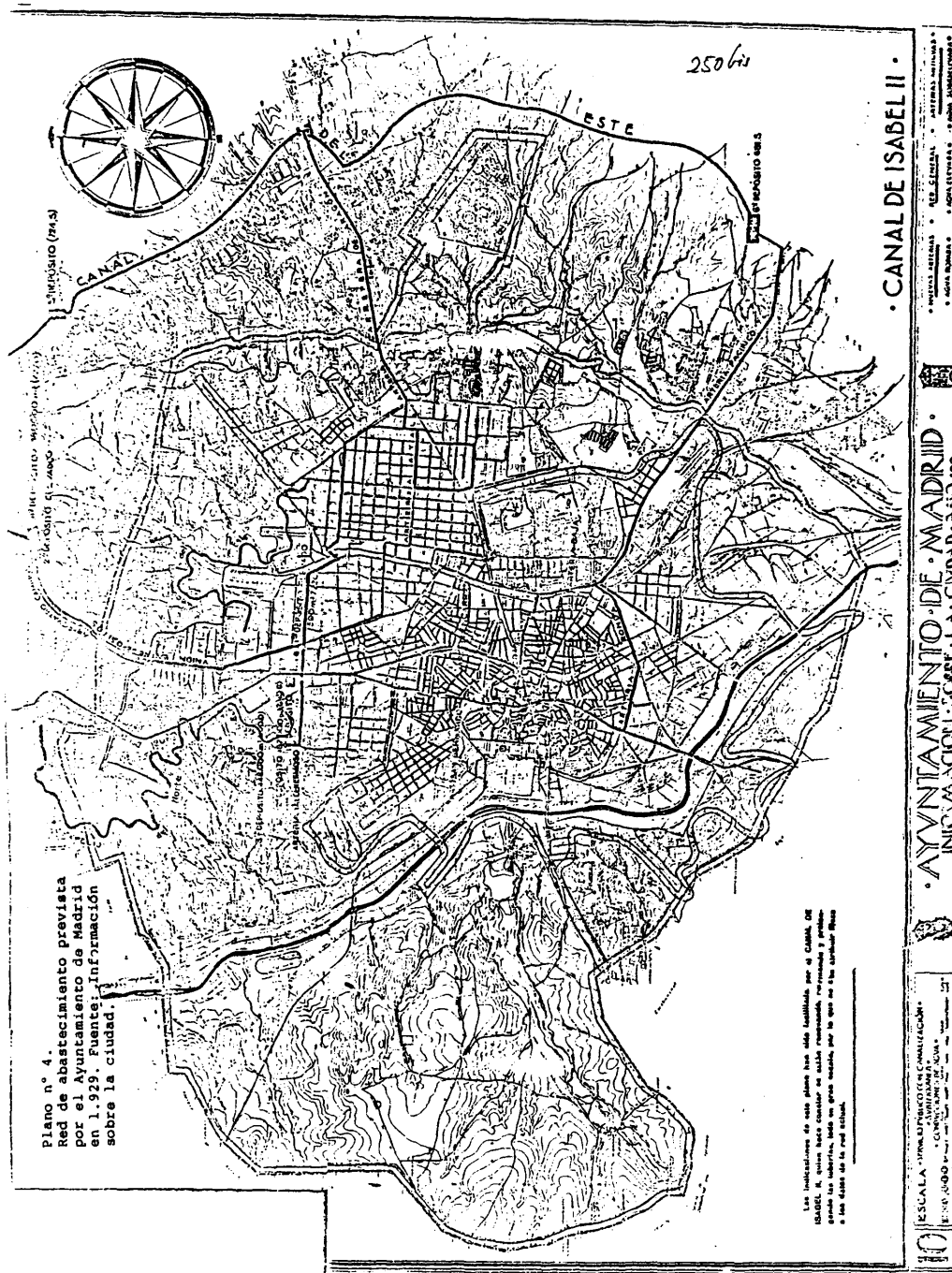
Fuente: Canal de Isabel II.

Vallecas. Madrid en 1.929 se extendía ya hacia el sur y suroeste, traspasando el río, por ejemplo, el agua del Canal abastecía el barrio del Paseo de Extremadura, Las Sacramentales, y ya existían aunque sin abastecimiento el barrio de Lucero, los de Goya, Perales, parte de Usera, Entrevías, Picazo, Tío Pío, Doña Carlota, Moratalaz, Alegría, Elipa, San Pascual, en el suroeste, sur, sureste y este, ( 3 ). La Hidráulica Santillana tenía casi las mismas instalaciones con las que cuenta en la actualidad y su red abastecía el centro y norte madrileño; Tetuán, Cuatro Caminos, zona de Reina Victoria hasta el estadio Metropolitano, Hipódromo, Prosperidad, Guindalera, Ventas, Ensanche, Centro, Argüelles, Chamberí, etc., pero con una red de menor densidad que la del Canal.

El plano 4, que da el Ayuntamiento de Madrid en 1.929, es más un proyecto que un hecho real, ya que de forma completa no se realizará hasta casi los años 60, en especial el quinto y sexto depósito y el canal del Este. Pero es orientativo de la realidad espacial madrileña.

La República en los tres primeros años, aumentó poco la red, y únicamente se limitó a instalar bocas de riego en toda la ciudad y en los términos municipales vecinos que en la actualidad están anexionados. Pero la red desde 1.929 a 1.950 sólo aumentó en 300 Km, y las bocas de riego republicanas sirvieron en los años 40 y 50, como fuentes, en torno a las cuales, se localizaron los núcleos de chabolas que se abastecían de agua de estas fuentes o bocas de riego de forma gratuita. El transporte de agua se hacía en cubos o recipientes hasta las infraviviendas situadas incluso a más de 1 Km de distancia de la zona. Entre las zonas abastecidas de esta forma están (4):

- Barrio de Solana de Aluche y de los Mosqueteros
- Canillas (Guindalera)
- Necrópolis



Plano n° 4.  
Red de abastecimiento prevista  
por el Ayuntamiento de Madrid  
en 1.929. Fuente: Información  
sobre la ciudad.

Las indicaciones de este plano han sido facilitadas por el Canal de Isabel II, que ha cedido a este Ayuntamiento el estudio y proyecto de la red de abastecimiento de agua potable, para que se pueda estudiar y aprobar el plan de abastecimiento de agua potable de la ciudad.

• CANAL DE ISABEL II •

• AYUNTAMIENTO DE MADRID •  
INFORMACIÓN SOBRE LA CIUDAD, AÑO 1922

10 ESCALA: 1:100,000  
• CANAL DE ISABEL II •

• AYUNTAMIENTO DE MADRID •  
INFORMACIÓN SOBRE LA CIUDAD, AÑO 1922

- Cementerio civil (B° Bilbao)
- B° Usera
- Carretera del Este
- B° Bilbao
- General Ricardos
- Barriada Mahou
- B° San Isidro
- Barriada de Huerta de Castañeda
- Calle de Antonio López, próximo al límite
- Idem en el camino del Vado
- Antonio Pirala (Ventas)
- Calle Almansa, etc.

Claro está que se instalaron fuentes y bocas de riego en zonas mejor situadas, pero las que aquí cito son, en mi opinión, las que van a permitir en los años 40 y 50, junto a otras causas el proceso de urbanización del extrarradio.

La República y la Guerra Civil así como la postguerra, años 40, significaron una paralización relativa en la extensión de la red, relativa, porque no hubo una paralización completa al realizarse grandes obras. Esta época duró desde 1.929, hasta 1.950. El Canal se vio desbordado por la crisis económica y por la reconstrucción y renovación del material y de las Galerías. Como hecho curioso, en los años 40, hubo que rehacer las obras muy avanzadas del cuarto depósito, que se destruyó con la guerra, y el material existente fue arrancado y utilizado para hacer artefactos blindados: coches, trenes, etc. No obstante, entre estos años se lleva a cabo una obra bastante importante como es el Canal del Este, que proyectado en los años 30 por D. Francisco Panella,<sup>no</sup> se llevó a cabo hasta los años 50, incluso posteriores, en las fases finales de su ejecución. Aun cuando el anteproyecto es de la época de Primo de Rivera, fue proyectado en firme en los años de la República, incluso con aportación de fuertes sumas de dinero que no se



plasmaron en la obra, y es, en los años difíciles de postguerra, cuando el Canal, en un esfuerzo titánico reemprende el plan, que iba a permitir la extensión de Madrid hacia el este de forma determinante. En estas mismas fechas de los años 40, se construyó el segundo depósito elevado, el cuarto depósito, (cuya parte metálica de cerramiento fue arrancada en la Guerra), se comenzaron y prosiguieron el quinto y sexto depósito. Se comienzan las obras de unión entre depósitos y se extiende la red; galerías de Pacífico, Ronda, de Aragón, de la Calle Toledo hasta la carretera de Andalucía pasado el Manzanares, la arteria de la carrera de San Jerónimo se mejora y se une la arteria de enlace entre las dos de Salamanca con la construcción de la de López de Hoyos. De forma, que los barrios que ya tenían abastecimiento pero de forma insuficiente, se les mejoran el mismo con la construcción de obras con galerías visitables con mayor diámetro y por tanto presión en la red, etc.. Estos años, en definitiva, no son de extensión de la red hacia el suburbio sino de mejora cualitativa de la misma en el interior de la ciudad. A pesar de los esfuerzos de mejora en el casco urbano las zonas marginales se veían desabastecidas o poco abastecidas, el chabolismo, la fuerte inmigración y otros factores hicieron que en los años 50 apareciesen deficiencias en la red.

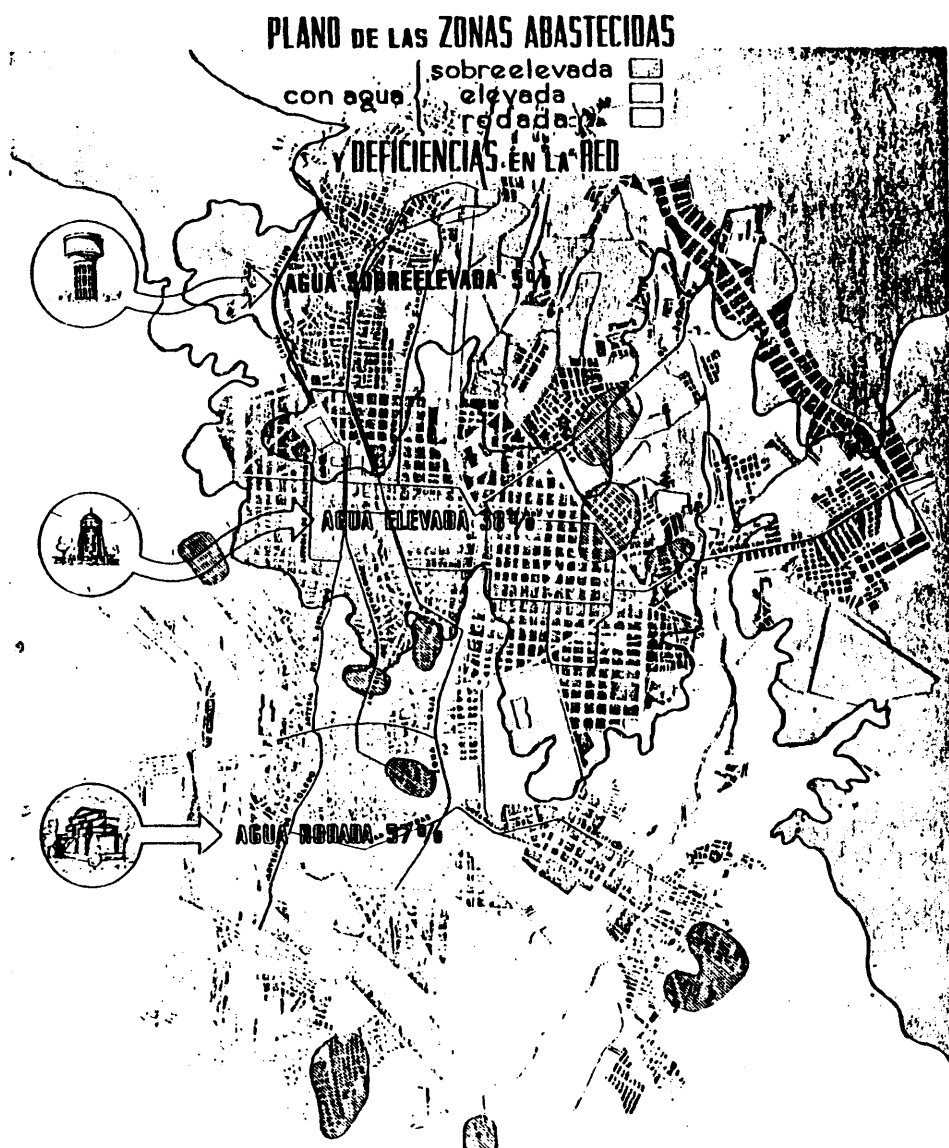
Madrid había completado en su crecimiento el ensanche hasta la Ciudad Lineal, y se macizaba en las zonas entre los antiguos municipios anexionados y el casco del ensanche. Surgían como hongos ciudades-lata, en Vallecas, Ventas, Pueblo Nuevo, Tetuán, Orcasitas, Usera, Carabancheles, Villaverde, Alto de Extremadura, Campamento, etc. La población había aumentado desde los finales años 20 casi el doble, eran ya millón y medio de habitantes. En la Memoria de 1.950 del Canal de Isabel II (las Memorias del Canal y los conocimientos que el autor tiene de Madrid, en base a la bibliografía manejada son las fuentes principales de este capítulo) se señalaba en

un mapa que reproduzco (mapa 5) las causas de las deficiencias de la red. En el año 1.946, la distribución de agua, a pesar de las mejoras efectuadas, era irregular, principalmente por falta de presión. En la zona Norte el agua era sobreelevada desde el segundo Depósito Elevado a una tubería que sólo podría abastecer por su diámetro la mitad de las necesidades. La zona de agua elevada era el Centro Norte madrileño, (casi toda la superficie del Ensanche) y se abastecía del primer depósito elevado (Santa Engracia). La zona de servicio más deficiente era Diego de León-Torrijos, Guindalera, Prosperidad, Madrid moderno, Velázquez, General Mola y Núñez de Balboa. Por último la zona abastecida con agua rodada, comprendía el centro y sur de la ciudad; el agua llegaba a Canillejas y Barajas y existía una evidente desproporción entre el volumen consumido y la capacidad de la red de distribución, agravada por la importancia del servicio en cola, es decir, en las terminales de la red, ya que las arterias fueron proyectadas sin tener en cuenta tales servicios.

En esta zona las áreas con problemas especiales en la distribución eran sin duda:

- 1) La zona próxima a la Red de San Luis, por la altitud y los edificios altos allí construidos.
- 2) La zona de Antón Martín por los edificios y su situación en cola de la arteria de Fuencarral.
- 3) La parte alta de la calle Ferraz.
- 4) Calle del Barquillo y adyacentes.
- 5) Barrio de Usera.
- 6) Barrio de Vallecas, por el mal estado de la red propiedad del Ayuntamiento.
- 7) Zona industrial de Villaverde.

Por otro lado, se paralizaron las obras de los depósitos quinto y sexto, así como el Canal del Este, que pensado en los años 20 estaba todavía inconcluso en 1.950.



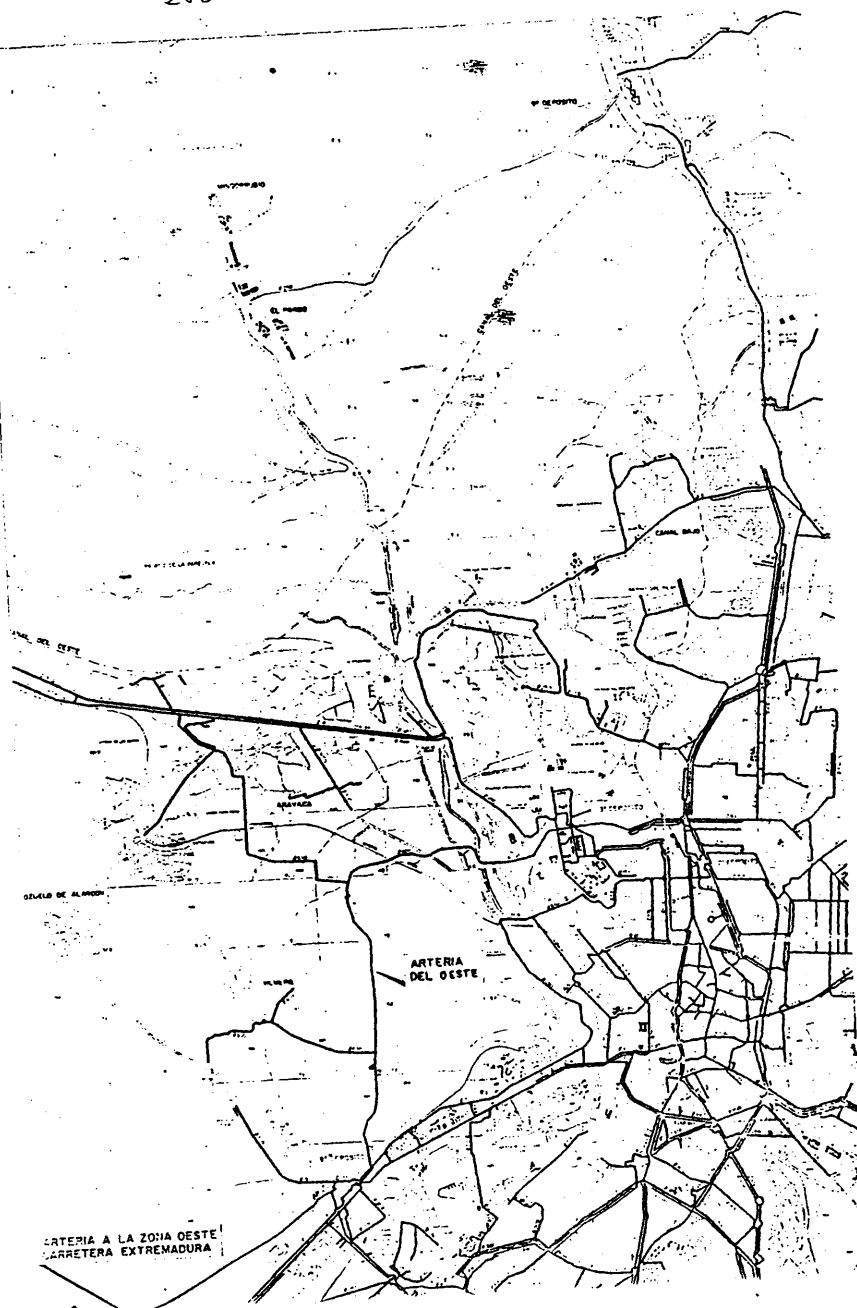
La red de distribución, entre 1.950 y 1.969 se triplica, pasando de 800 Kms. a 2.620. A la ciudad le sucede algo similar, su desarrollo espacial se hace increíblemente exagerado, se construye en todas las zonas a un ritmo muy alto, y el problema de la vivienda comienza a ser paliado o relativamente resuelto. De épocas anteriores de hacinamiento, los famosos realquilados, se pasa a las viviendas sociales, se trata al mismo tiempo de erradicar el chabolismo. En estos años España abandona el comercio bilateral y entra en el G.A.T.T., con lo que se produce una liberalización económica de resultados bastante positivos. En estos 20 años Madrid, no sólo triplica la red de abastecimiento de agua, sino que duplica su población, y duplica igualmente el espacio urbanizado. No obstante hay que distinguir dos etapas; de 1.950 a 1.959 la situación se mejora, pero no al ritmo requerido. La segunda etapa, de 1.959 a 1.969 supone la realización del plan más ambicioso jamás conocido en el abastecimiento de agua a Madrid. Es como si Madrid volviese a ser creado. Por un lado, se mejora la red interna; se termina el canal del Este, que permitirá el crecimiento de los barrios de Elipa, Moratalaz, San Blas y Colonias adyacentes, incluido el pueblo de Vicálvaro. Se mejora y amplía la arteria de Pacífico. Se abastece la zona alta de Arturo Soria (Pinar de Chamartín). Se realiza la arteria de la carretera de Andalucía que abastecerá a los municipios de Getafe, Leganés, Ciudad del Aire y Cerro de los Angeles. La ciudad se extiende hacia el sur de forma que engloba los pueblos citados. La arteria de Pacífico abastecerá Vallecas gracias a su ampliación. Se mejora el suministro de Villaverde Alto. Se crea el suministro a la zona oeste de la carretera de Extremadura, y con la segunda arteria de Toledo se da una mejora importante de los caudales a la zona sur de Madrid. Se crean nuevas redes de abastecimiento en Getafe, Vallecas y Villaverde. También se crea la arteria de Carabanchel, y se extiende la red, hacia 1.965, de las arterias principales a los barrios en construcción. A partir de este año se crea la arteria del Oeste, la de Somosaquas, la de Retamares, y la del

Plantío. Al mismo tiempo se tienden a realizar las importantes arterias de cintura; Norte y Sur y se realizan los proyectos de la arteria de cintura Este. Al terminar el período Madrid se extiende desde Fuencarral hasta Getafe y desde el Plantío hasta Barajas. Se ha creado una ciudad nueva, tal como se puede apreciar en el mapa de la red del Canal de 1.969. Toda la red se completa con nuevos depósitos y estaciones de tratamiento. El chabolismo, que en nuestros días ha vuelto a renacer, se encontraba al final del período casi extinguido.

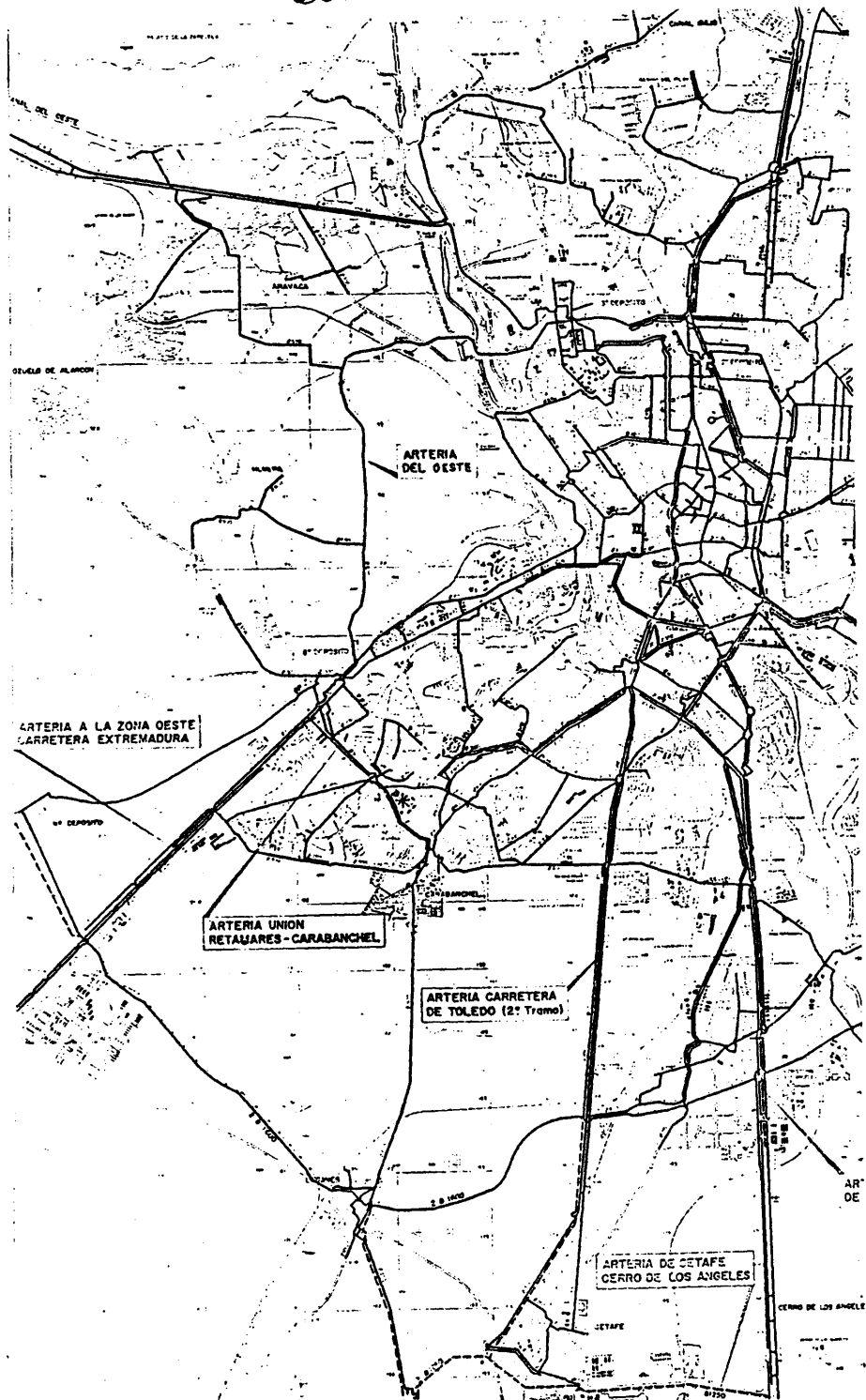
El crecimiento forzó al Canal a realizar una ingente cantidad de infraestructura y consecuentemente de inversiones, que permiten un desarrollo más lento en la actualidad sin sobresaltos. (En el momento de redactar estas líneas el Director del Canal informa que la sequía no va a afectar a los madrileños, ya que los recursos hídricos actuales permiten el consumo en dos años consecutivos sin lluvias).

Desde 1.969 hasta la crisis de 1.974 se siguieron las construcciones de la ampliación de la red al ritmo anterior; se completó la red de la carretera de Andalucía y la de Toledo. Se abastece el polígono Valladares, se abastecen los pueblos de Mejorada del Campo, Velilla de San Antonio, Alcorcón en el polígono de San José de Valderas, San Fernando, Barrio de la Esperanza de Canillas, Majadahonda y las Rozas. Se crean las arterias de Majadahonda-Retamares y se mejoran las galerías interiores de Madrid, en General Mola (hoy Príncipe de Vergara), Francisco Silvela y Goya. Por último, se crea la de la carretera de Barcelona hasta el puente de San Fernando. En el último período 1.964-80 las principales realizaciones del Canal son: las arterias de cintura, que han sido completadas; la arteria de la Avda. de la Paz; se abastecen los municipios de Torrejón, Parla, Pinto, Fuenlabrada, Alcorcón, etc. y se crean las nuevas arterias en Madrid, con la aparición de una nueva red arterial de cintura que ya se está realizando en la zona sur, cerca de Alcorcón.

RED DE DIST:

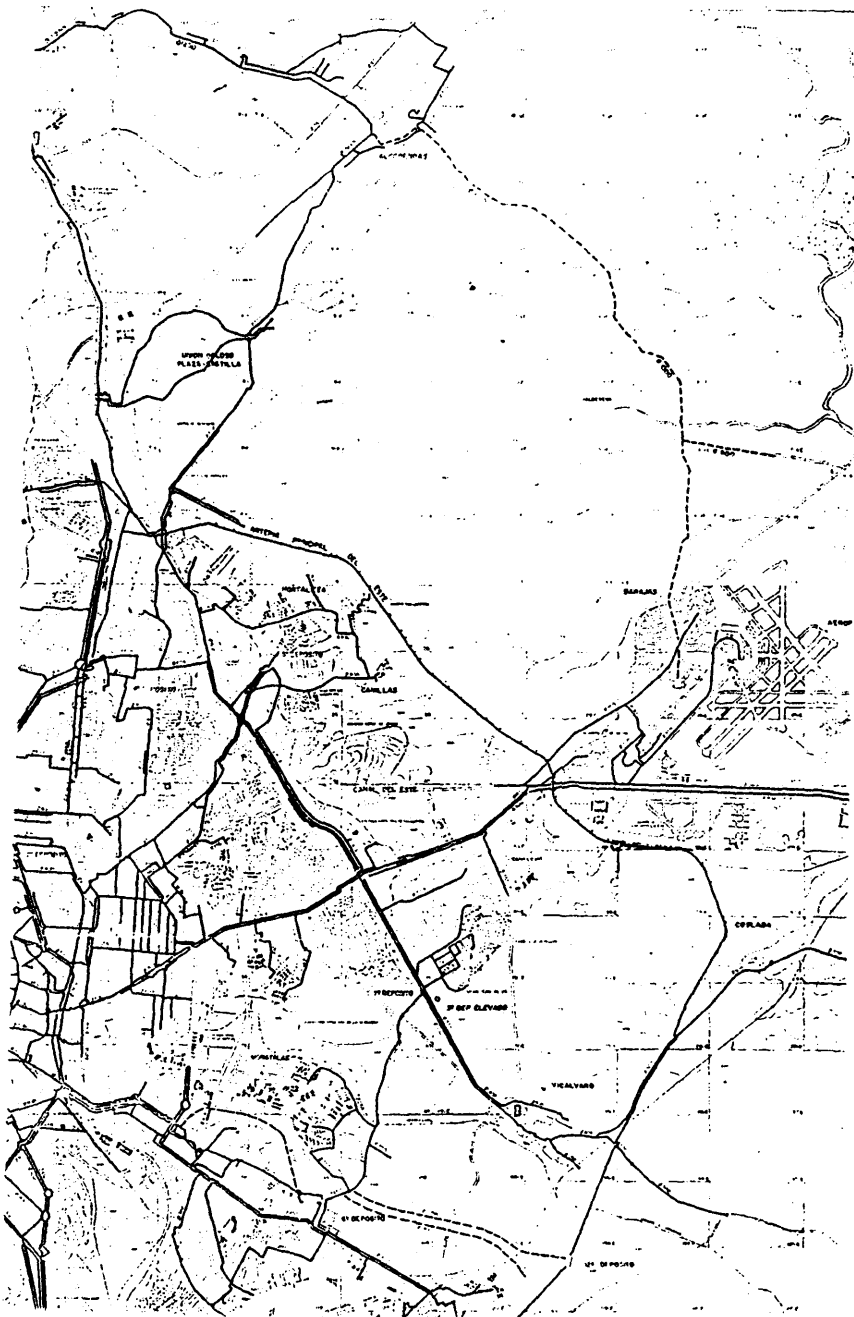


2562



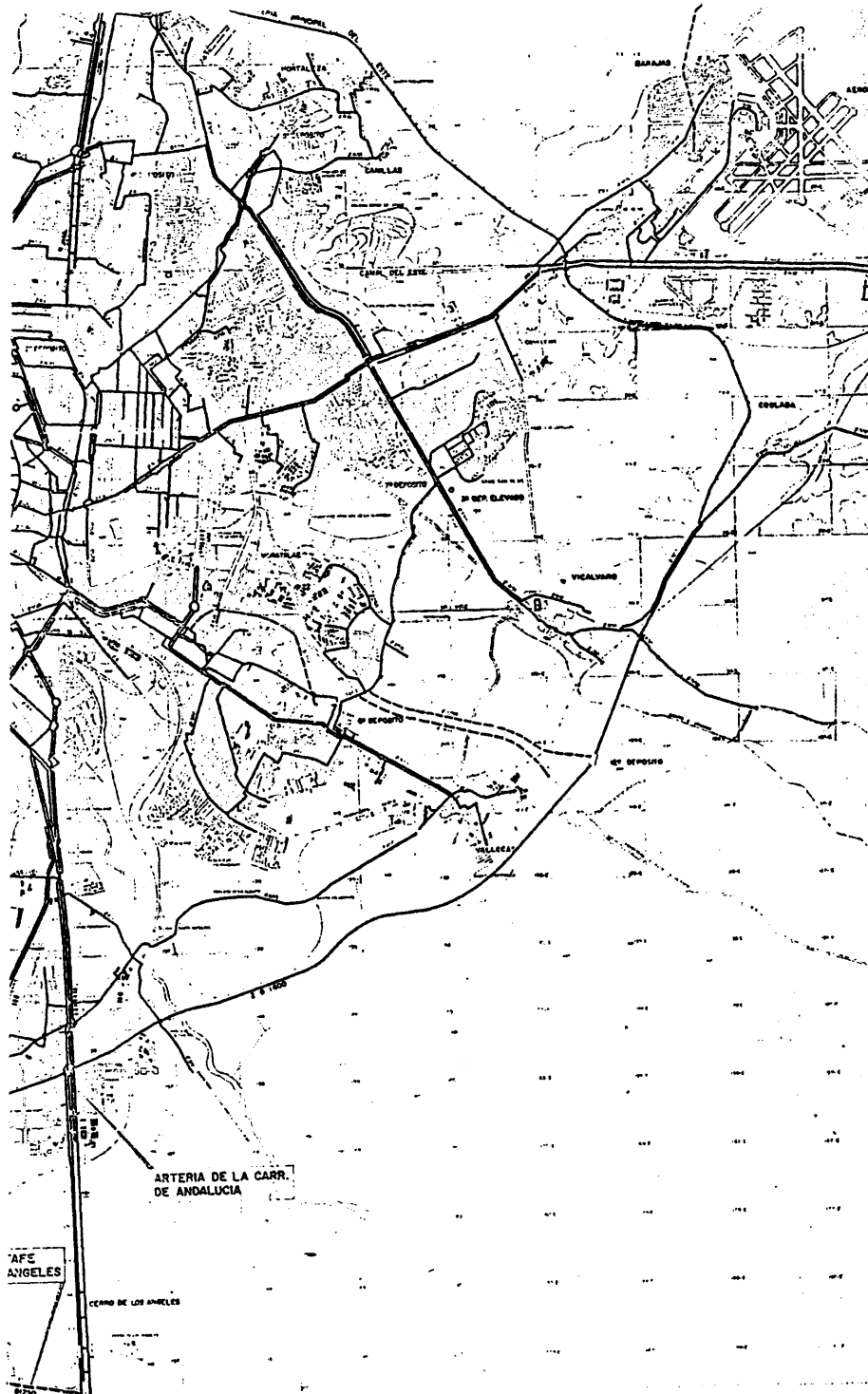
DE DISTRIBUCION

256<sup>3</sup>





2564



Es decir, que a pesar de la crisis económica el Canal de Isabel II sigue su proceso de crecimiento paralelo al de la ciudad y su área metropolitana. Así, la red alcanza casi los 4.000 Kms. que significan en línea recta la distancia Madrid-Urales (URSS) (Mapa 1.979).

- Mapa 1.979.  
Fuente: Canal de Isabel II

NOTAS 2.5.

- (1) AGULLO COBO, M.: "Madrid en sus diarios" Tomos II-III-IV. Instituto de Estudios Madrileños. Madrid, 1.965.
- (2) ARCHIVO DE OBRAS PUBLICAS: "Legajos 7.521, 7.522 y 7.523" M.O.P.U. Madrid.
- (3) AYUNTAMIENTO DE MADRID: "Información sobre la ciudad" Memoria de 1.929. Madrid. Págs 112 y ss.
- (4) MUIÑO ARROYO, M.: "Memoria sobre la labor realizada por el primer Ayuntamiento de la Segunda República española." Artes Gráficas municipales. Madrid, 1.933. Págs: 149 y ss.
- (5) La mayor parte de la información ha sido conseguida a través de las Memorias del Canal de Isabel II:  
 Bravo Murilló, J.: "Memoria sobre la conducción de agua en Madrid". Imprenta Nacional. Madrid, 1.849.  
 Aguinaga, R. de: "Memoria 1.914" . Canal de Isabel II. Madrid, 1.915  
 Canal de Isabel II: "Memoria 1.927" Madrid, 1.927  
 Bello Poeyusan, S.: "Información del Canal de Isabel II". Madrid, 1.929-30.  
 Canal de Isabel II: "Memoria 1.945"  
 Canal de Isabel II: "Memoria 1.946-50"  
 Canal de Isabel II: "Memoria 1.950-69"  
 Canal de Isabel II: "Memoria 1.970-74"  
 Canal de Isabel II: "Memoria 1975"  
 Canal de Isabel II: "Memoria 1.976"  
 Canal de Isabel II: "Memoria 1.977"  
 Canal de Isabel II: "Memoria 1.978"

### 2.6. Cómo funciona el abastecimiento.

De forma esquemática se puede decir que el Canal de Isabel II, que abastece de agua de forma principal a Madrid y su Área Metropolitana, consta de tres grandes unidades:

- 1) captación; cuencas hidrográficas y embalses.
- 2) transporte; elevaciones de Picadas y red de grandes canalizaciones junto con las estaciones de tratamiento.
- 3) distribución; depósitos y redes de distribución interna.

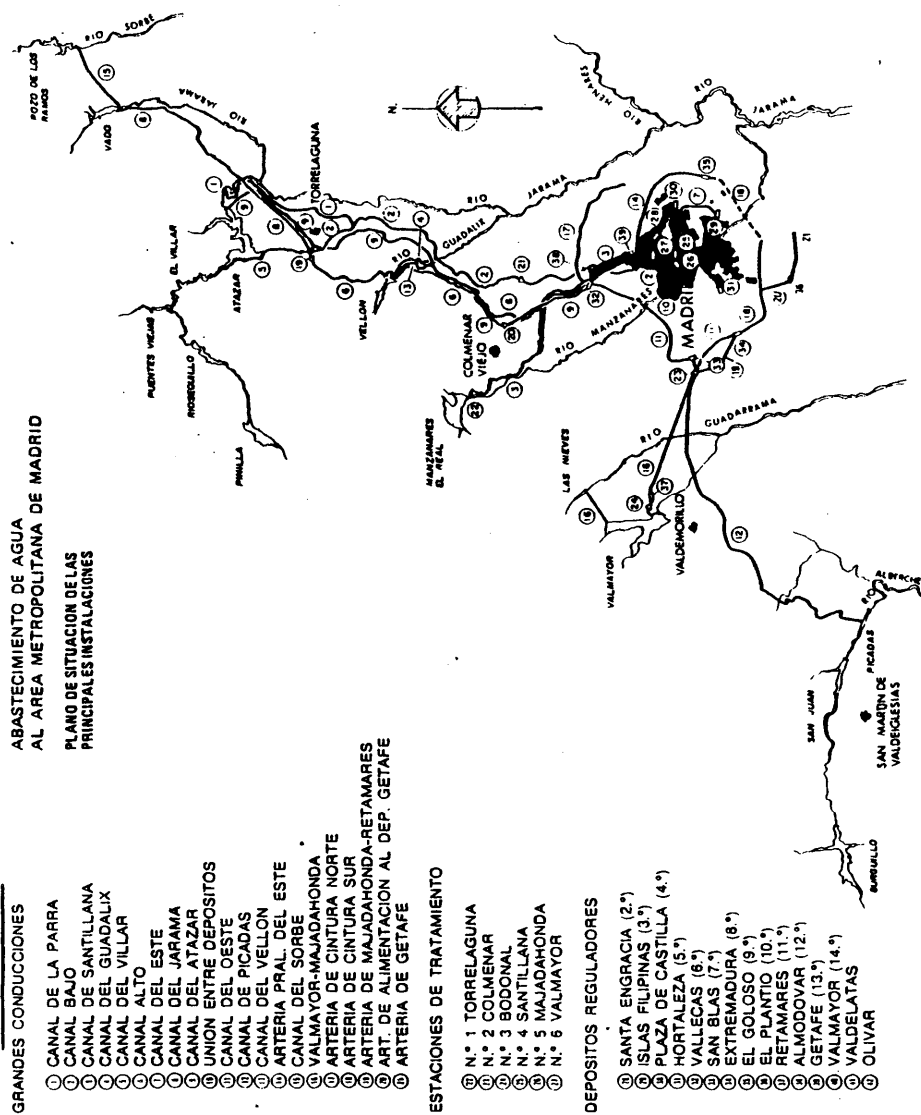
#### 2.6.1. Captación

Según las Memorias y la Información técnica del Canal de Isabel II (1), la diversificación de los recursos hídricos con que se cuenta permite totalizar las necesidades del abastecimiento del Área Metropolitana de Madrid, según las necesidades disponibles que son variables:

Ríos	1.970	1.973	1.975	1.976	1.977	1.979
Lozoya	37,0	54,0	54,0	63,4	50,5	46,1
Jarama 1.960	21,0	14,0	26,0	12,1	29,1	30,0
Manzanares 1.965	19,5	7,0	13,3	9,0	12,8	13,9
Alberche 1.967	16,0	13,0	0,5	8,1	-	-
Guadalix 1.967	6,0	12,0	5,0	2,7	6,1	7,7
Sorbe 1.976	-	-	-	1,9	-	-
Pozos Ranney 1.970 y captaciones pro- fundas 1.975	0,5	-	1,0	2,8	1,5	1,3
Guadarrama- Aulen- cia 1.974	-	-	-	-	-	1,0
	100	100	100	100	100	100

Fuente: Canal de Isabel II.

FIGURA 1



Fuente: Canal de Isabel II.

Las aguas del río Lozoya (2) que, desde 1.954 están reservadas para Madrid, juegan un papel esencial y como se puede apreciar aportan más del 50% del consumo de agua de nuestra ciudad casi todos los años. Su importancia es considerable, si se atiende al número de presas que están en servicio en dicho río. Ya que por sí sólo, tiene una capacidad de embalse superior a los 500 Hm<sup>3</sup>.

#### EMBALSES

Denominación	Río	Fecha de entrada en servicio	Presa		Capacidad de embalse (Hm <sup>3</sup> )
			Tipo	Altura (m.)	
El Villar	Lozoya	1879	Gravedad (a)	43	100
Puentes Viejas	Lozoya	1936	Gravedad (a)	60.10	241
El Vado	Jarama	1950	Gravedad (b)	45	178.20
Riosequillo	Lozoya	1958	Gravedad (b)	50	1066.40
El Vellón	Guadalix	1967	Bóveda gruesa	45	218
Pinilla	Lozoya	1967	Gravedad (b)	28.80	303
Manzanares el Real	Manzanares	1971	Escollera (b)	31	1355.20
El Atazar	Lozoya	1972	Bóveda gruesa	115	484
Valmayor	Aulencia	1976	Escollera (b)	61	1214
Picadas (AMSO)	Alberche	1967	Gravedad (b)	—	—
Jarama Medio	Jarama	Anteproy.	Mat. sueltos	66	—

planta curva = (a)  
planta recta = (b)

#### PRESAS DE DERIVACION (Azudes)

Denominación	Río	Fecha de construcción	Conducción a que dan origen
LA PARRA	Lozoya	1901	Canal de La Parra
EL MESTO	Guadalix	1905	Canal del Guadalix
POZO DE LOS RAMOS	Sorbe	1922	Canal del Sorbe
LAS NIEVES	Guadarrama	1914	Túnel de trasvase al Aulencia

Fuente: Información Técnica. 1.977.

Existen también opciones para la construcción de nuevas presas, como la del Jarama medio que hará aumentar la aportación de este río al total de abastecimiento madrileño, con lo que se conseguirá pasar los 3,3 m<sup>3</sup>/segundo de caudal regulado que se tomaban primitivamente del río Lozoya y su embalse de Puentes Viejas. Contando con el Jarama medio la capacidad de embalse de las presas del Canal de Isabel II supe-

rarán los 1.000 Hm<sup>3</sup>/ año.

Existen también otras captaciones que se daban como futuras por Huetz de Lemp (gráfico 2 ) (2), pero que algunas de ellas no están todavía proyectadas; como son el embalse de Matallana en el Jarama, el de Cantalojas en el Sorbe, Sotillo en el río del mismo nombre, Cofio en el río del mismo nombre y Corralizo en un afluente del Perales, así como el Canal que conduce las aguas de estas presas hasta la elevación de Picadas. También aparece el Canal de El Burquillo

#### 2.6.2. El transporte.

Con las fuentes citadas anteriormente las grandes conducciones que suministran agua a Madrid son las siguientes:

GRANDES CONDUCCIONES				
Denominación	Fecha de entrada en servicio	Longitud	Pendiente media	Capacidad de conducción
Canal de la Parra	1858	23,7 km.	0.0002	4 m <sup>3</sup> /seg.
Canal Bajo	1858	38,1 "	0.0002	4 "
Canal de Santillana	1904	36 "	0.0003	4,7 "
Canal de Guadalupe	1905	3,7 "	0.0012	4 "
Canal del Villar	1912	16,7 "	0.0005	8 "
Canal Alto	1940	56 "	0.003 y 0.0005	6 "
Canal del Este	1945	13,7 "	0.00044	3,25 "
Canal del Jarama	1960	34,4 "	0.00025	8 "
C. Atazar con Goloso-P. Castilla	1966-1970	65,4 "	0.0004	16 "
Unión entre Depósitos	1952-1966	3,7 "	0.0401	6,5 "
Canal del Oeste	1967-1968	30,7 "	0.0016	3 "
Canal de Picadas	1967	49,2 "	0.0005 y 0.0003	3,8 "
Canal del Vellón	1968	6,7 "	0.0008	8 "
Arteria Principal del Este	1973	17,1 "	0.001	6 "
Valmayor-Majadahonda	1976	17,4 "	0.0031	6 "

La conducción más importante es el Canal de El Atazar, con una capacidad de 16 m<sup>3</sup>/segundo y una longitud de 65,4 Km. La longitud total de las grandes conducciones es de 432,5Km, aproximadamente la distancia de Madrid a Cartagena. Si bien alguno de los tramos son de una considerable antigüedad, sin embargo, cumplen su cometido con toda garantía dada la cantidad de ingente de reparaciones a que se han visto sometidos.





La mayor parte de los canales conducen el agua por gravedad, sin embargo, hay algunas conducciones como son :

#### ESTACIONES DE ELEVACION

Denominación	Fecha de entrada en servicio	Caudal de elevación	Altura de elevación	Potencia instalada
«Plaza de Castilla»	1952	3,5 m <sup>3</sup> /seg.	40 m.	3.095 c.v.
«San Blas»	1968	1,5 "	75 "	2.208 "
«Extremadura»	1969	1,2 "	50 "	1.200 "
«Picadas»	1967	3,8 "	216 "	18.240 "
«Colmenar» (Del Arroyo)	1967	3,8 "	100 "	11.200 "
Captación de aguas subterráneas (Pozos Ranney)	1966	1 "	45 "	1.320 "
Captación de aguas subterráneas profundas	1975	1 "	45 "	4.790 "
Jarama Medio	anteproyecto	16 "	60 "	18.000 "

Las estaciones de Plaza de Castilla, San Blas y Extremadura, están dentro del casco urbano de Madrid. Las elevaciones de Picadas y Colmenar del Arroyo son estaciones que bombean agua del sistema oeste, desde el Embalse de Picadas en el Alberche hasta la estación de tratamiento de Majadahonda.

También existe una estación de elevación desde los pozos Ranney al Canal de la Parra y otro de las captaciones profundas que llega al Depósito de El Goloso. El anteproyecto del Jarama medio tiene prevista una elevación para llevar agua al Canal de El Atazar.

#### 2.6.3. Distribución.

Por lo que respecta ala distribución interior a Madrid y a los municipios del área abastecida, hay que tener en cuenta, que previamente el agua es depurada en las estaciones de tratamiento, de forma que llega al usuario cumpliendo las debidas garantías sanitarias, según las reglas de la O.M.S. y del Código Alimentario Español.

#### ESTACIONES DE TRATAMIENTO

Denominación	Fecha de entrada en servicio	Número de decantadores	Número de filtros	Capacidad máx. de tratamiento
N.º 1. «Torrelaguna»	1968	6 de 46 m. Ø	24 de 116 m <sup>2</sup>	6 m <sup>3</sup> /seg.
N.º 2. «Colmenar»	1.ª fase (1976)	4 P. 40 x 40 m.	32 de 125 m <sup>2</sup>	8 "
N.º 3. «El Bodonal»	1964	3 de 46 m. Ø	20 de 101 m <sup>2</sup>	4 "
N.º 4. «Sanillana»	1972	4 de 34 x 36 m.	12 de 125 m <sup>2</sup>	4 "
N.º 5. «Majadahonda»	1967	—	20 de 125 m <sup>2</sup>	3,8 "
N.º 6. «Valmayor»	en pruebas	2 de 48,60 m. Ø	20 de 120 m <sup>2</sup>	6 "

Con anterioridad el agua de Lozoya se autodepuraba en los Embalses de Puentes Viejas, que servía de decantador, y del Villar, del que salía por el Canal del Villar, de forma que el agua venía a Madrid sin materia orgánica y en un estado de pureza excepcional. Pero con la adición de aguas de otros embalses y de ríos de cuencas con más población, ha sido necesario salvaguardar la salud de los ciudadanos y establecer una compleja red de estaciones depuradoras.

El siguiente paso son los depósitos reguladores. De todos es sabido, que el consumo varía a lo largo del año y de forma diaria, hay épocas y horas en que se consume más, caudales punta, es necesario por tanto, construir depósitos reguladores que actúen como depósitos de compensación (4), destinados a almacenar en los períodos de menor consumo el agua necesaria para suplir las exigencias de los períodos de más demanda (diarios o anuales). Además es necesario mantener cierta reserva para casos de avería en las bombas o de falta de energía eléctrica (en el caso de que el agua sea sobreelevada) valorable, según las circunstancias entre 1/5 y el total de la dotación diaria.

Los depósitos reguladores incluyen las redes de Santillana (sin numerar) y del Canal de Isabel II y son los siguientes:

#### DEPOSITOS REGULADORES

Denominación	Fecha de construcción	Número de compartimientos	Altura de agua	Capacidad total
Santa Engracia (2.)	1879	4	6.84 m.	188.415 m <sup>3</sup>
Islas Filipinas (3.)	1913	4	6.84 "	463.500 "
Plaza de Castilla (4.)	1939	4	6.75 "	188.576 "
Hortaleza (5.)	1962	3	5.00 "	81.000 "
Vallecas (6.)	1967	(12 uni.) 6	8.00 "	126.638 "
San Blas (7.)	1965	2	5.10 "	53.767 "
Extremadura (8.)	1965	2	5.10 "	18.000 "
El Goloso (9.)	1969	1	7.70 "	534.355 "
El Plantío (10.)	1967	4	6.50 "	143.166 "
Retamares (11.)	1969	4	6.50 "	250.556 "
Almodovar (12.)	Proyecto aprobado	2	6.50 "	151.958 "
Getafe (13.)	1975	2	6.50 "	255.800 "
Valmayor (14.)	1975	2	5.00 "	100.000 "
Valdelatas	1915	2	2.70 "	34.408 "
El Olivar	1919	2	3.96 "	44.232 "

Fuente: Canal de Isabel II

El depósito primitivo, primer depósito del Campo de Guardias, está fuera de uso y en su lugar están ubicadas las instalaciones del Club Deportivo de los dos mil empleados y familiares del personal del Canal.

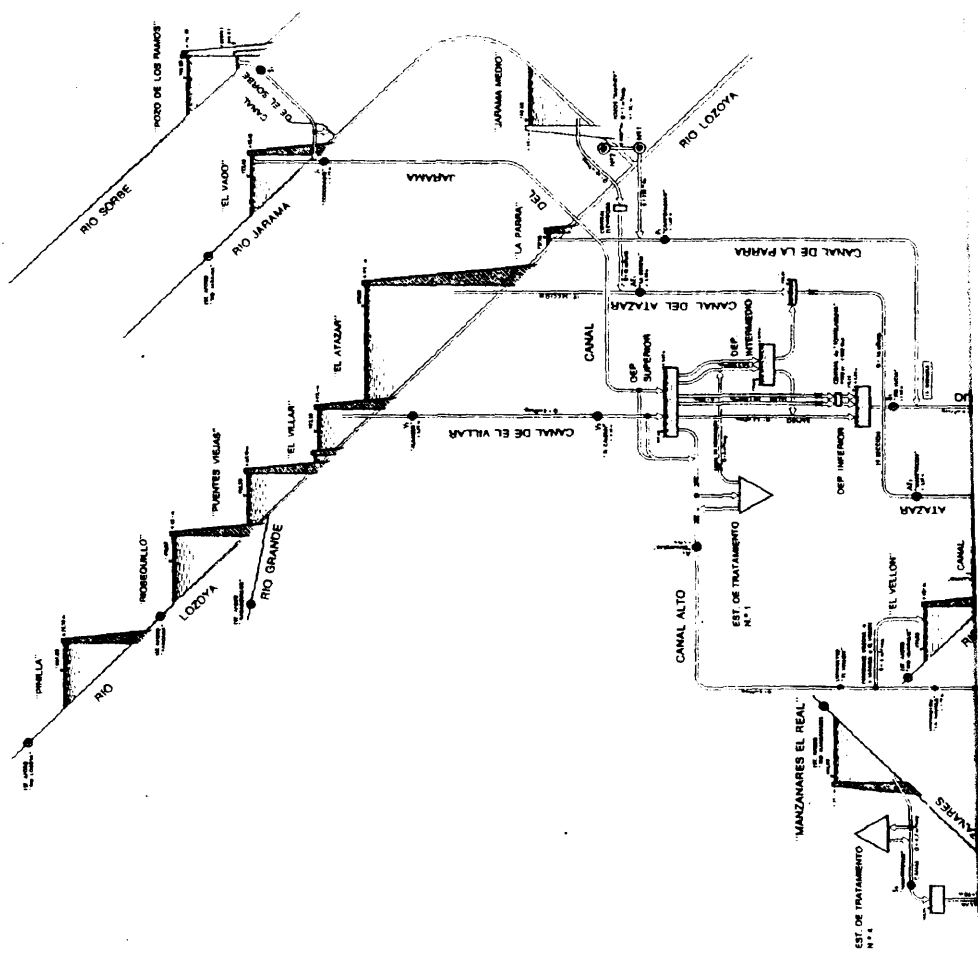
Existen también, junto a las estaciones elevadoras, los depósitos elevados; el primero está fuera de servicio, y se prevee que en su lugar y aprovechando sus bellas estructuras se localice un Archivo y Biblioteca, así como Salas de Lectura y otras instalaciones de tipo cultural.

La capacidad total de estos depósitos es de  $2,6 \text{ Hm}^3$ , que superan en  $1 \text{ Hm}^3$  el consumo del día máximo, que se produce en algunos días de verano y es de  $1,6 \text{ Hm}^3$ . Por tanto, en el caso teórico de que se averíasen todas las instalaciones al mismo tiempo, tendríamos agua suficiente, con las restricciones pertinentes para más de 15 días, con la simple supresión del consumo industrial y público, y con cortas de 16 horas en el consumo domiciliario, con todo se lograría una dotación de 50 Litros/habitante y día.

La red de distribución es increíblemente compleja, tanto por el diámetro de las tuberías, como por las intervenciones que se producen en la red, igualmente por la longitud de la misma.

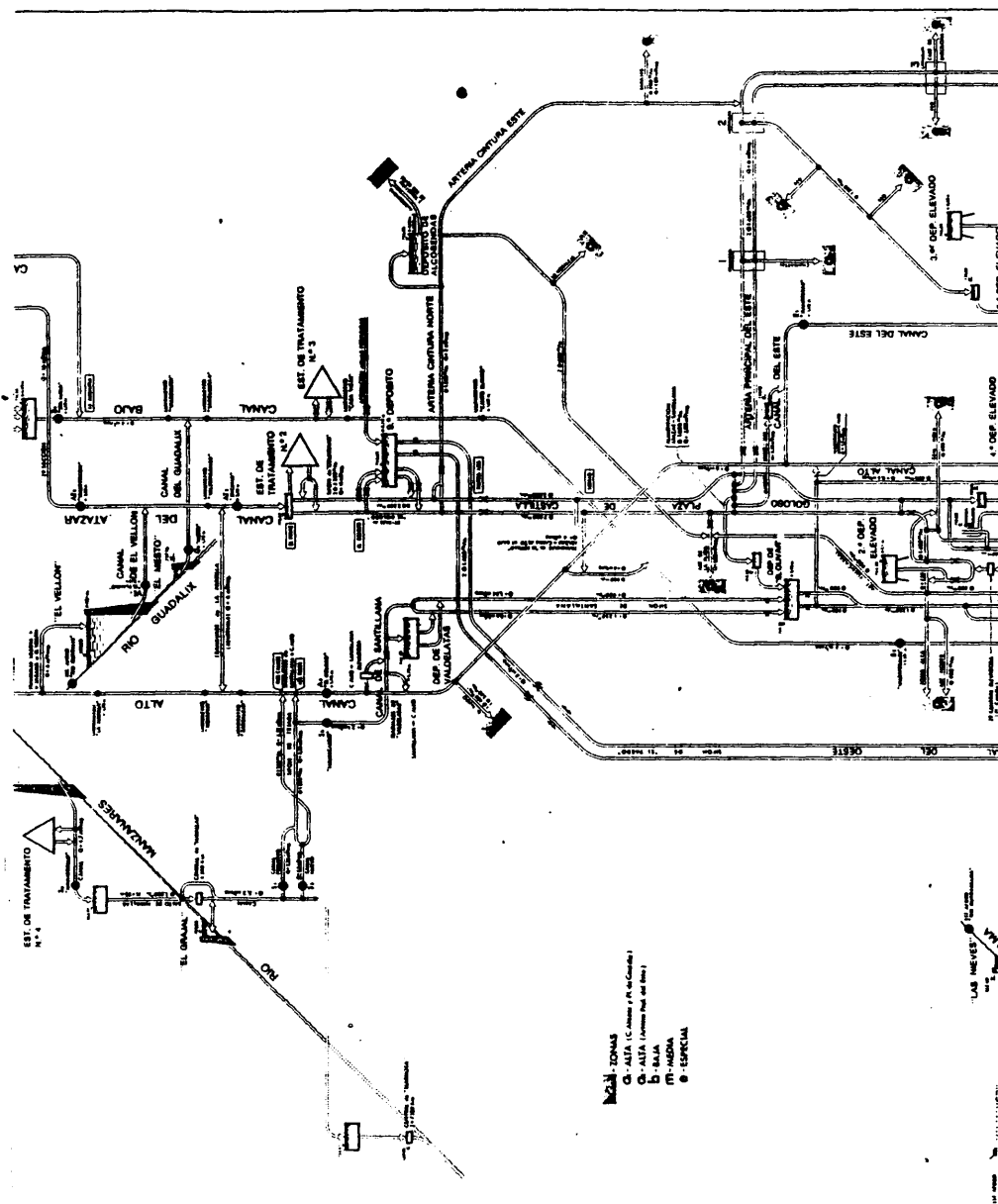
<u>Años</u>	<u>Población de Madrid</u>	<u>Longitud de la red en Km</u>
1.858	240.000	7
1.900	540.000	134
1.935	1.015.000	654
1.940	1.096.000	674
1.960	2.309.950	1.062
1.965	2.879.510	2.038
1.970	3.441.000	2.729
1.975	3.849.500	3.382
1.979	4.127.000	3.814

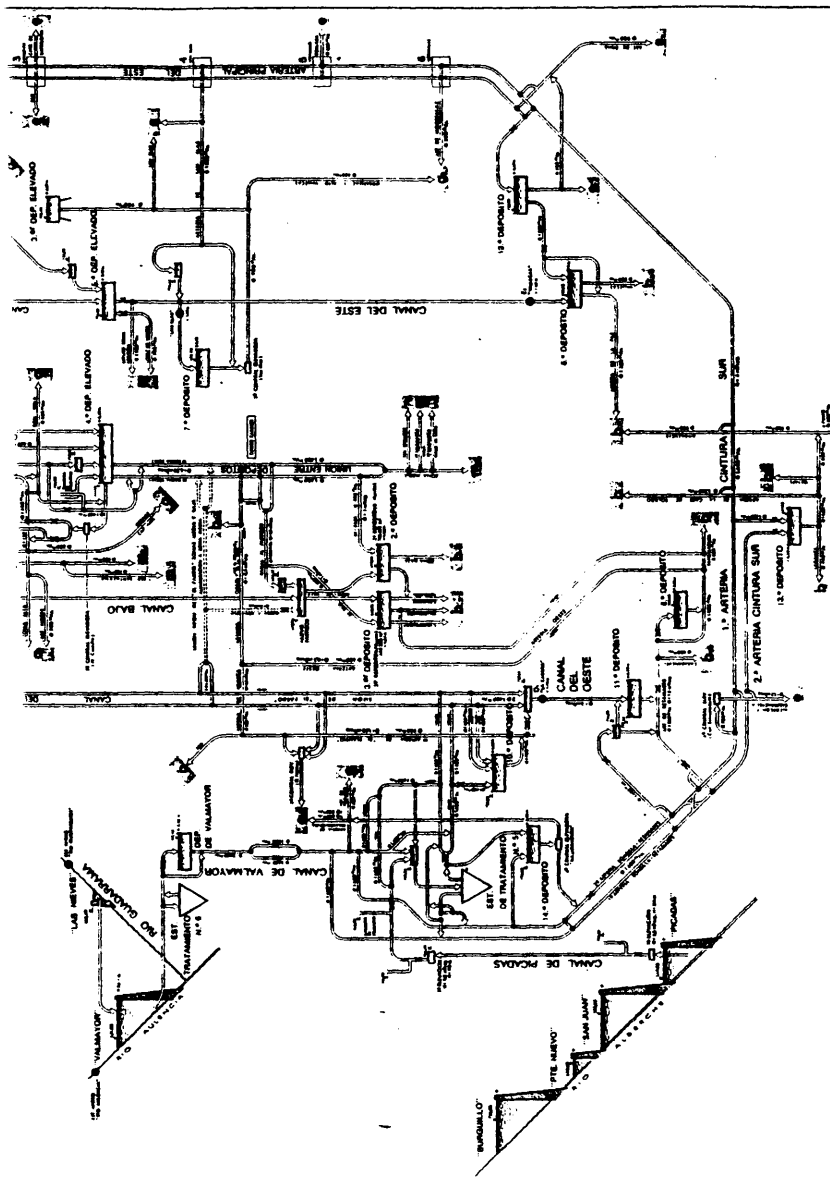
257'



**FIGURA 3**  
**CANAL DE ISABEL II**  
**DIAGRAMA FUNCIONAL DE LAS**  
**INSTALACIONES, PARA EL ABASTECIMIENTO**  
**DE AGUA, DEL AREA METROPOLITANA DE MADRID.**

2672



$267^3$ 

De tal forma que la red en línea recta alcanzaría el río Volga en el embalse de Kubiichev en la URSS a 500 kms. de los Urales.

El funcionamiento de todo este sistema, se puede apreciar en la figura 3 que reproduce un esquema funcional de las instalaciones del Canal. Existen tres sistemas fundamentales; el del Norte, el de Santillana y el AMSO o sistema Oeste: el primero, envía hacia Madrid las aguas de los embalses situados en los ríos Lozoya, Jarama, Sorbe, Guadalix, captaciones profundas y pozos Ranney, por medio de los tres canales principales: Alto, Bajo y canal del Atazar, con los sistemas de estaciones depuradoras, números 1, 2 y 3. La número 1 en el Canal Alto, la número 2 en el Atazar y la número 3 en el Canal Bajo y tres depósitos no urbanos cercanos a Torrelaguna; los depósitos superior, intermedio e inferior. Entre el depósito superior y el inferior el Canal tiene una estación de energía eléctrica que aprovecha la fuerza del agua y produce cuatro mil Kva. con una potencia de 9.000 CV.

El sistema Santillana se basa en los embalses de Santillana II y el Grajal, con una estación de tratamiento, la número 4, y dos depósitos. Por último el sistema Oeste aporta hacia Madrid las aguas de los ríos Guadarrama, Aulencia y Alberche, por medio de los embalses del pozo de las Nieves, Valmayor y Picadas, respectivamente, y los canales de Valmayor y Picadas, junto a las estaciones de tratamiento de Valmayor y Majadahonda.

Los tres sistemas enlazan en las arterias que circundan Madrid, arterias del Oeste, del Este, cintura Norte y cintura Sur, que a su vez comunican con otros canales de la red y los depósitos distribuidores, de estos, el agua pasa a las redes de distribución interna de la ciudad.



Todo este sistema singular tiene un reflejo exacto en el plasmamatemático de la red, que determina las presiones a las que debe ir el agua, para que llegue a todos los sitios, por medio de cálculos realizados en el centro de Investigaciones del Canal que posee una sala de ordenadores bastante sofisticados. La complejidad de la red obliga a tener siempre presente los valores que dan los linnímetros de las conducciones, ya que los cálculos están en función de los diámetros de la red y la fuerza del agua de los canales principales, porque cualquier variación importante en la presión de la red provocaría la inutilización del sistema por roturas generales.

#### NOTAS 2.6.

- (1) Memorias del Canal de Isabel II e Información Técnica de los años 1.974, 76, 77, 78 y 79.
- (2) HUETZ DE LEMPS. Les grandes villes du monde. Madrid. La documentation française. París, 1.972, págs. 77.
- (3) HUETZ DE LEMPS, M.A. Les grandes villes du monde. Madrid. Op. cit. págs. 77.
- (4) Rigotti, G.: Urbanismo. La técnica" Editorial Labor, S.A. Barcelona, 1.955. pág. 712.

2.7. El consumo de agua en las ciudades de España y el mundo, comparadas con Madrid,

Existe una norma o ley geográfica que es el principio de comparación; de aquí que este punto sea, aún con datos de cronología distinta, una aplicación de dicho principio.

Madrid en el año 1.925 (1), cuadro nº 1, abastecía fundamentalmente del río Lozoya, aproximadamente una población de 800.000 personas, con una dotación de 218 l/hab. y día. Esto situaba su sistema de abastecimiento entre los 20 primeros de las ciudades del mundo desarrollado. Nuestra ciudad ocupaba uno de los lugares principales por lo que respecta al abastecimiento de agua con un sistema de depuración natural, en la que muy eventualmente se empleaba la cloración. Por su dotación se situaba por encima de ciudades como Londres, Berlín, Viena, Leningrado, Amsterdam, Dublín, La Haya, Lisboa, Rotterdam, Copenhage, Budapest, Varsovia, Liperpool, Hamburgo, Sydney, etc. Aunque su población fuese menor, en algunos casos, que la de las ciudades citadas. Al mismo tiempo, por consumo de servicios públicos, Madrid era la primera ciudad del mundo. Ocupaba el tercer lugar mundial por el coste total de las obras y el puesto veinticuatro por el coeficiente de explotación. En definitiva, Madrid ocupaba una posición principal por lo que se refería a su sistema de abastecimiento de agua. Incluso, hace unos años la dotación por países era según Marín Jaime (2):

Consumos medios por países en 1.972.

Bélgica	77	L/hab. y día
Francia	98	" "
RDA.	121	" "
Holanda	126	" "
Austria	131	" "
España	135	" "
Luxemburgo	160	" "
G. Bretaña	196	" "
Suecia	209	" "
Italia	225	" "
Suiza	284	" "



Es decir, que la dotación de Madrid en 1.925 era superior a la actual de España, no obstante, no era sólo superior, sino que, si omitimos los datos de Marín Jaime y utilizamos una encuesta del Tercer Plan de Desarrollo (3) en 1.971, veremos que la situación del abastecimiento de nuestra ciudad era privilegiada con relación a los pueblos españoles. En la encuesta, de 1.500 núcleos consultados que significaban el 44% de la población española:

El 32% no tenían abastecimiento de agua  
 el 48% no tienen red de abastecimiento  
 el 75% no tenían estaciones de tratamiento  
 el 60% no tenía alcantarillado  
 el 78% no tenían estación depuradora  
 Por último la dotación era de 102 l./hab. y día.

Madrid es por lo tanto una ciudad superdotada mientras que la dotación a nivel español es muy baja. En el año 1.955 a nivel urbano excluido el consumo de los núcleos rurales las grandes ciudades italianas y del mundo tenían las siguientes dotaciones (4):

Búffalo .....	1.226	l./hab.y día	Roma .....	417	l./hab.y día
Marsella .....	765	" "	Milan .....	343	" "
Chicago .....	600	" "	Turín .....	210	" "
Nueva York .....	511	" "	Génova .....	181	" "
París .....	370	" "	Nápoles .....	175	" "
Glasgow .....	250	" "	Trieste .....	170	" "
Tokio .....	186	" "	Tarento .....	152	" "
Burdeos .....	175	" "	Bérgamo .....	146	" "
Londres .....	154	" "	Bolonia .....	135	" "
Liverpool .....	142	" "	Como .....	118	" "
Varsovia .....	95	" "	Palermo .....	104	" "
			Vicenza .....	96	" "
			La Spezia ...	92	" "

Fuente: Rigotti.

Es decir, valores próximos a 100 l./hab. y día en las ciudades pequeñas, y superiores a 200 en las grandes ciudades. En las conurbaciones americanas se alcanzan valores superiores a

DOTACIONES DE ALGUNAS DE LAS MAS IMPORTANTES  
CIUDADES EUROPEAS

	<u>D (l/h.d.)</u>	<u>% indus-</u> <u>trial</u>	<u>Año</u>	<u>Población</u> <u>(10<sup>3</sup>h)</u>
Amsterdam .....	177	34	1966	1.044
Barcelona .....	250	-	1967	1.739
Basilca .....	360	48	1967	354
Berlín .....	186,2	23,6	1967	3.264
Bristol .....	256	-	1965/66	432
Bruselas .....	135	27	1967	1.075
Düsseldorf .....	307	-	1965/66	698
Frankfort .....	217	-	1965/66	560
Gelsenkirchen ..	312	67	1967	498
Goteborg .....	352	49	1967	628
Helsinki .....	350	-	1965	652
Kopenhagen ....	257	33	1967	1.378
Londres .....	264	28	1967	8.177
Madrid .....	339	-	1967	2.950
Milán .....	510	30	1967	1.670
Manchester .....	316	-	1965/66	2.457
Marsella .....	391	12	1967	807
Moscú .....	560	36	1967	6.463
Munich .....	316	24	1966	1.231
París .....	305	36	1962	7.369
Roma .....	366,5	20	1966	2.485
Rotterdam .....	256	-	1965/66	732
Sheffield .....	221	-	1965/66	491
Stockolm .....	433	11	1966	1.247
Stuttgart .....	210	-	1967	639
Viena .....	270	15	1967	1.640
Zurich .....	419	22	1967	652

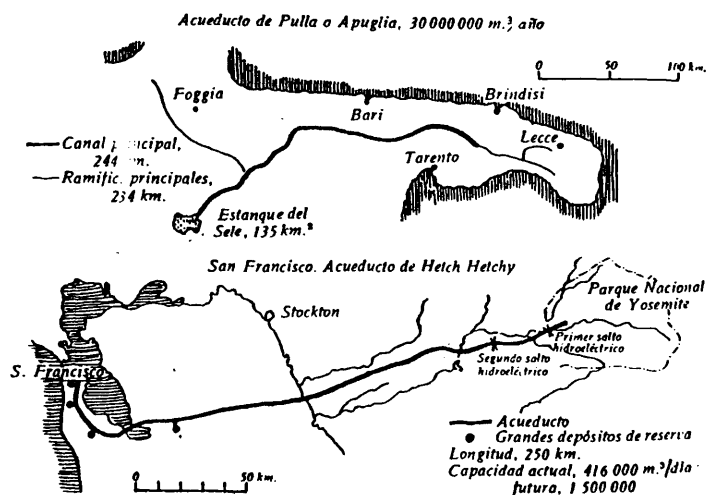
Valores medios

309

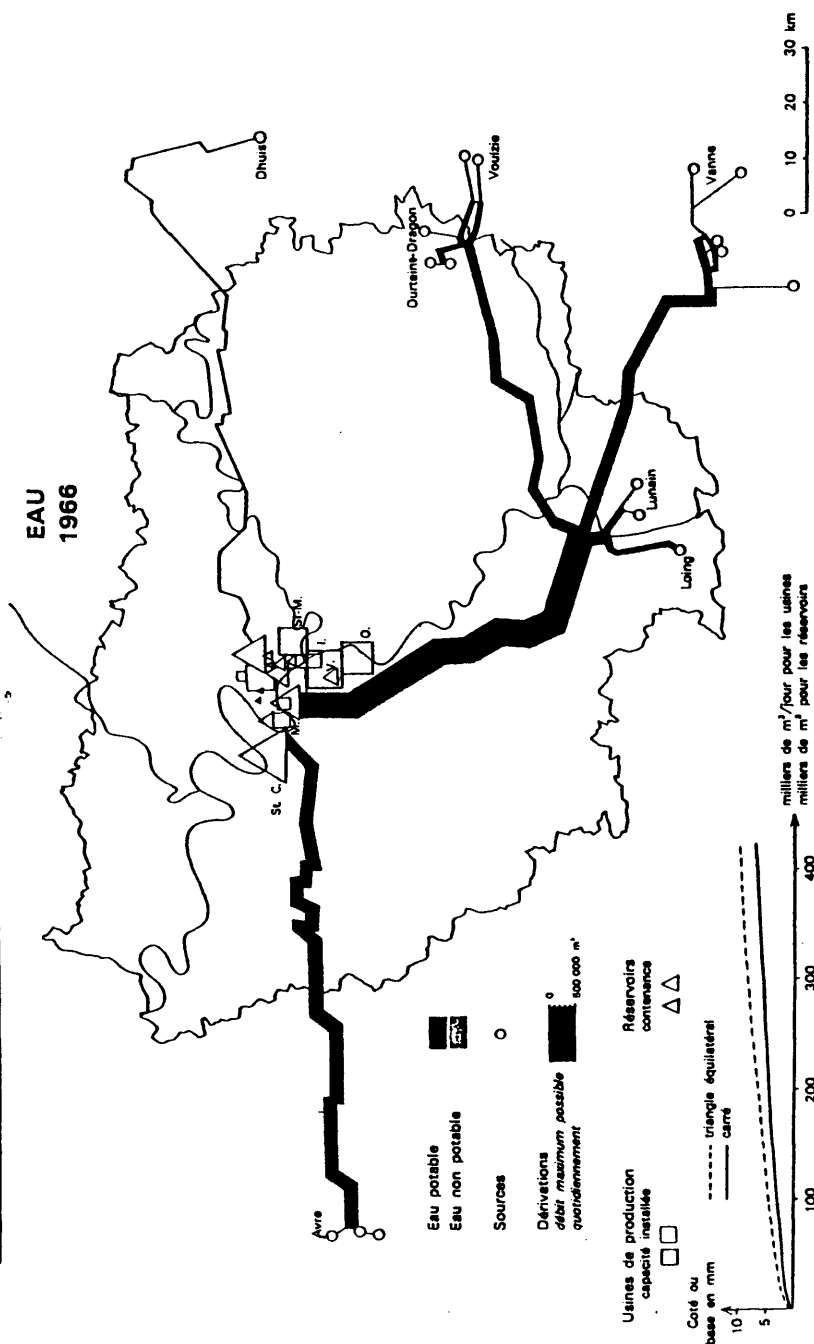
Fuente: Ministerio de Plani-  
ficación del Desarrollo

500 y en alguna se superan los 1.000 l./hab. y día. Estos 274. valores no reflejan, como es lógico, las dotaciones a nivel agrario que varían entre 50 y 110 l. hab. y día, y tampoco reflejan el consumo actual, de forma que he utilizado para comparar con Madrid datos más recientes (4), cuadro n° 2.

Los datos de Madrid de esta tabla están evidentemente exagerados, ya que los 339 l./hab. y día no se han alcanzado ningún año en la historia del Canal, y superan la media europea, cuando en realidad debían de estar por debajo de dicho valor. Los datos de dotación con ser muy antiguos, son el único valor comparativo que he podido encontrar. Con relación a los datos de 1.925, Madrid ha descendido notablemente en la escala de ciudades bien abastecidas, porque además en el cuadro no se recogen los valores de las ciudades americanas que tienen consumos verdaderamente elevados. Se impone una política de inversiones para dotar a Madrid de un mejor servicio de abastecimiento que iguale las dotaciones europeas. Sobre todo, si se tiene en cuenta que la cuenca de alimentación del área metropolitana es inferior al de otras ciudades, no sólo europeas, sino americanas. París, por ejemplo, tiene una cuenca de alimentación de 120 km. de radio, que drena una superficie teórica de mas de 15.000 Kms.<sup>2</sup> (fig. adjunta) o también los acueductos de Apulia o los que abastecen San Francisco, el primero con mas de 550 Km. de longitud, y el segundo con 250 km. de longitud. En definitiva, el abastecimiento de Madrid puede ser mejorado por extensión de la red de captación o por utilización de recursos subterráneos como en París, Milán, etc.



# ESQUEMA DE LA RED DE CAPTACION DE PARIS



Fuente: Atlas de Paris

## Consumo de agua en determinadas ciudades europeas

Ciudad	Número de habitantes (en millares)	Consumo de agua (litros diarios por habitante)	Porcentaje de habitantes que disponen de conexión con un sistema de abastecimiento <u>a/</u>
Amsterdam	870,0	177	100
Atenas	1 800,0	128	90
Barcelona	1 660,0	262	98
Belgrado	740,0	248	95
Berlín Occidental	2 177,0	186	100
Berlín Oriental	1 065,0	293	97
Berna	170,0	400	99
Birmingham	1 287,0	655	100
Bratislava	258,5	348	93
Breznice	322,8	259	90,5
Brno	254,0	310	90
Bucarest	1 187,4	132	99,5
Copenhague	710,9	215	100
Dublín	726,0	227	100
Düsseldorf	468,0	275	100
Dresde	731,0	188	99,8
Estambul	1 600,0	156	94
Glasgow	1 050,0	369	100
Ginebra	1 853,0	191	97
Hamburgo	585,6	194	99
Hannover	900,0	160	90
Helsinki	6 249,5	263	...
Idar-Ollerup	2 464,3	305	100
León	1 671,4	530	90
Lisboa	6 300,0	600	96
Londres	1 165,8	337	98
Lyon	485,6	593	99
Madrid	2 811,0	500	...
Mánchester	141,0	320	93,9
Moscú	1 100,0	360	100
París	1 222,0	235	83,8
Petersburgo	1 550,0	300	94
Praga	518,0	175	...
Stuttgart	444,0	443	...

Fuente: "Manual for the compilation of balances of water resources and needs" (UNEP/UTIL.METH/35, septiembre de 1971), anexo XIII.

a/ La definición específica de "conexión" varía en cada caso, y depende de si el área estudiada coincide con los límites administrativos de una ciudad o incluye sus alrededores.

Fuente: Naciones Unidas. La demanda de agua: procedimientos y metodologías para proyectar las demandas de agua en el contexto de la planificación regional y Nacional. Recursos naturales, serie del agua n° 3. Nueva York, 1.976, pp. 207.



Con datos de las Naciones Unidas Madrid ocupaba en 1.971 el puesto decimo-cuarto de 34 ciudades europeas por la dotación específica de agua por habitante. Sin embargo, por el número de habitantes ocupaba el cuarto lugar, esto evidencia que Madrid se encuentra con una dotación menor que la que le correspondería por su nivel de población. La ciudad mejor dotada es Moscú, que con seis millones de habitantes posee una dotación de 600 l./hab. y día.

Los datos de este cuadro recogidos de una publicación de las Naciones Unidas, son más reales que los del Ministerio de Planificación del Desarrollo, por lo que respecta a Madrid y en la misma fecha, ya que los 305 l./hab. y día es un valor que se corresponde con los años finales de la década de los 60.

Es un hecho que cualquier ciudad que sobrepase el 20% de consumo de agua industrial sobre el total se puede considerar urbe industrial. En los Estados Unidos (cuadro n° 2. cont.) las ciudades del sur, así como las del Suroeste, poseen dotaciones industriales inferiores al 20% del total, mientras que las ciudades del Este y las del medio Oeste tienen valores porcentuales de dotación industrial superiores al 20%.

Las ciudades europeas tienen valores industriales en porcentajes superiores al 20%. Madrid como veremos, tiene un valor superior al 20%, pero no supera el 30%, este hecho indica que la variable industrial existe, pero no es dominante en el consumo de agua de la ciudad.

Incluyo también los valores de dotación para usos domésticos en zonas de los países en desarrollo en que hay escasez de agua. La fuente es la misma que los datos anteriores, es decir, las Naciones Unidas y se puede apreciar cómo por debajo de 130-150 l./hab. y día de dotación específica se puede considerar cómo zona subdesarrollada, particularmente si se trata de ciudades y, claro está, siempre que se trate de agua para usos domésticos. La misma publicación indica que por debajo de 90 l. por hab. y día de agua canalizada por tuberías las posibilidades de que se produzcan enfermedades de tipo hídrico en las ciudades de los países subdesarrollados son máximas.

Principales usos del agua en determinadas ciudades de  
cuadro 2, cont. los Estados Unidos de América

Ciudad y Estado	Promedio de población abastecida (en miles)	Consumo total (millones de galones diarios)	Porcentaje del consumo total			
			Usos domés- ticos	Usos comer- ciales	Usos indus- trial	Usos públi- cos y otros
Birmingham, Alabama	600	54,2	32	20	14	34
Montgomery, Alabama	145	13,6	86	7	7	0
Tucson, Arizona	50	40,7	66	4	14	16
Long Beach, California	213	42,1	62	9	19	10
San Diego, California	1 029	70,6	62	23	7	8
Denver, Colorado	645	122,3	68	20	7	5
Miami, Florida	624	102,2	22	17	6	55
Atlanta, Georgia	610	67,2	48	15	18	19
Champaign-Urbana, Illinois	91	10,0	47	22	8	23
Rockford, Illinois	135	24,5	32	14	44	10
Gary, Indiana	250	20,8	42	25	20	13
Kansas City, Kansas	200	32,0	17	29	42	12
Detroit, Michigan	1 266	477,0	39	23	22	16
Omaha, Nebraska	366	64,5	32	22	36	10
Newark, New Jersey	351	56,7	25	8	29	38
Albuquerque, New Mexico	241	45,0	53	13	14	20
Erie, Pennsylvania	92	37,4	45	13	37	5
Philadelphia, Pennsylvania	140	49,7	77	12	10	1
Nashville, Tennessee	315	35,1	30	26	21	23
Amarillo, Texas	155	25,5	57	23	9	11
Dallas, Texas	986	124,9	53	20	12	15
Lubbock, Texas	150	23,0	61	17	11	11
Charleston, West Virginia	141	18,5	38	16	34	12
Milwaukee, Wisconsin	903	152,0	28	12	36	24

Fuente: Estados Unidos de América, Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Municipal Water Facilities: Communities of 25,000 Population and Over (Washington, D.C., 1965).

Consumo de agua para usos domésticos en zonas de los países  
en desarrollo en que hay escasez de agua  
cuadro 2, cont. (Litros diarios por habitante)

País o territorio y zona	Población	Consumo de agua	
		Agua dulce	Agua salobre
<u>Africa</u>			
Africa Sudoccidental: Lüderitz	5 470 <u>d/</u>	132 <u>e/</u>	
Egipto: Safaga	4 000	25	
El Quseir	7 000	27	
Umm Gheig	140	42	
Madagascar: región meridional	190 200		20 <u>a/</u>
Mauritania: Nouakchott	6 100	82 <u>b/</u>	
República Árabe Libia: Sirte	3 000		7
Somalia: Mogadiscio	120 000	1,25 <u>c/</u>	
Hargeisa	60 000	5	
Túnez: Zarzis	12 000	5 <u>f/</u>	
Ben Gardane	14 000	3 <u>f/</u>	
Houmt Souk	8 000	7 <u>f/</u>	
<u>Asia</u>			
Arabia Saudita: Jedda	150 000	60	
Riyadh	170 000	131	
Dharan	5 000	87	
Ras Tannura	5 500	40	
India: Madras (ciudad)	2 000 000	64	
Indonesia: isla de Maniang	500	14	
isla de Madura	15 000		73
Irán: Bandar Abbas	20 000	22,5	
<u>América Latina y zona del Caribe</u>			
Antillas Neerlandesas: Aruba	57 324	66	
Curaçao	125 000	53	
Argentina: San Antonio Oeste	6 000	8	
Barbados: Barbados	242 600	106	
Brasil: Fortaleza	520 000	63 <u>g/</u>	
Quixada	9 000	5	
México: Mérida	200 000	100	
Carmen	21 000	80	
Mazatlán	75 750	80	
Guaymas	35 000	80	

cuadro 2, cont.

País o territorio y zona	Población	Consumo de agua	
		Agua dulce	Agua salobre
<u>Europa</u>			
Chipre: Famagusta	34 774	113	32
Nicosia	95 519	133	
Larnaca	19 824	143	
Grecia: Isla Syros	26 000		10
Hermoupolis	14 400	8	
Ano Syros	1 400	7	
Episkopion	170	7	
Isla Melos			
Plaka y aldeas	3 350	37 h/ 75 i/	
Mine	200	60	
Islas del Canal: Guernsey	45 150	103	
Islas maltesas: Malta	299 000	81	
Gozo	28 000	81	
Comino	30	81	

Fuente: Basado en datos de Desalinización del agua en los países en desarrollo (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: 64.II.B.5), cuadro 6.

a/ Cifras del Departamento de Hidrología del Gobierno.

b/ Quinientos europeos utilizan 200 litros y 5.600 mauritanos 71 litros.

c/ Del sistema municipal; suministro aumentado por agua vendida por propietarios de pozos y aguadores.

d/ Población durante la temporada de pesca (febrero-mayo), en la cual hay 2.300 europeos; después de la temporada de pesca la población desciende a 3.470 habitantes, de los cuales son europeos 1.300.

e/ Consumo de los europeos; la población autóctona utiliza 33 litros.

f/ Otras fuentes gubernamentales dan una cifra de 40 litros, que puede incluir el agua salobre.

g/ Cifra basada en una población de 320.000 habitantes.

h/ Consumo de invierno.

i/ Consumo de verano.

Fuente: Naciones Unidas. Op. cit. pág. 205-206  
La demanda de agua.

Cuadro 2, cont.  
Consumo de agua para usos domésticos en determinados países de Asia  
(Litros diarios por habitante)

País	Cantidad
Afganistán	45 - 75
Filipinas	115 (Toma de agua en el interior de la vivienda) <u>a/</u> 55 (Fuente pública)
India	45 - 75
Indonesia	87
Malasia	90
Pakistán	45 - 75
República de Viet-Nam del Sur	40 - 50 <u>b/</u>
Tailandia	45 - 70

Fuente: Estados Unidos de América, Agencia para el Desarrollo Internacional, simposio celebrado en Tailandia en 1964, citado en "Assessing water uses and minimal requirements" (ESA/RT/AC.3/14).

a/ Vivienda con retrete cuya limpieza se hace con cubos de agua; incluida el agua no especificada.

b/ Cuando no se dispone de fuentes adecuadas, la cantidad es de 15 a 18 litros

Fuente: Naciones Unidas. La demanda de agua. Op. cit.

A nivel nacional, la comparación resulta más difícil, ya que al desaparecer la Organización Sindical, desapareció también el Servicio Sindical de Estadística (5), que proporcionaba datos sobre el consumo de agua en las provincias españolas a nivel rural y urbano. Esto significa que los últimos datos publicados son muy antiguos, del año 1.969, aunque pude haber conseguido los del año 1.973, ofrecidos amablemente por el Sr. Polo, antiguos también, cuando volví a recoger los datos, el Sindicato de Agua, Gas y Electricidad había sido desmontado. De forma, que aunque antiguos he preferido incluir estos datos para no dejar un vacío en la comparación entre el consumo de Madrid y el resto de las capitales de provincia españolas.

En el cuadro nº 3, resumo todos los valores del consumo anual de agua potable por capitales de provincia, aunque los datos los haya trasvasados a mapas en los que la división utilizada es la provincial y pueden dar la sensación de que se trata de consumos provinciales, cuando son los de las capitales.

Por, el consumo total, Madrid era la capital de provincia más consumidora de agua, seguida de Barcelona y Zaragoza. Este hecho no es nuevo, ya que Cabo Alonso (6) con la misma fuente, pero en 1.959 haría aparecer el mismo fenómeno, al igual que García Ruíz, (7) en 1.967. En el mapa nº 1 que refleja el consumo total por capitales de provincia, se aprecia como Madrid es la ciudad que permanece con un consumo muy elevado en medio de un desierto de consumo urbano; es fiel reflejo, este mapa, de la densidad de población o de un mapa de densidad urbana. Sin embargo, en el mapa nº 2 que recoge las dotaciones, se aprecia como existe un gradiente de dotación Norte-Sur y otro Noreste-Suroeste en el valor de consumo específico de las ciudades españolas. Es fiel reflejo del gradiente de la renta per cápita, véase por ejemplo, Santander y Almería, o compárese San Sebastián con Badajoz o Barcelona con Huelva.

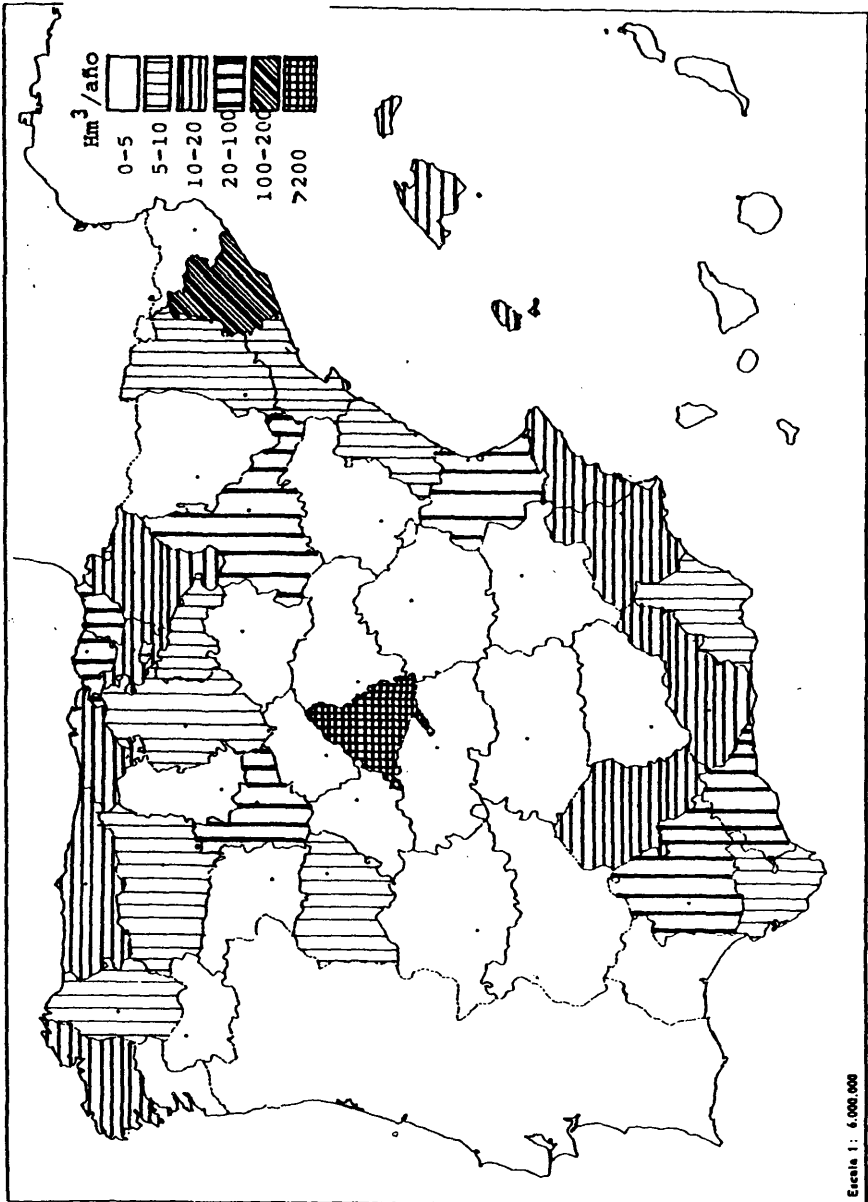
Cuadro 3. Consumo anual de agua potable por los distintos abastecedores urbanos en las capitales de provincia en 1.969.  
(Datos en m<sup>3</sup>)

	Consumos domésticos		Industriales		Fuentes públicas		Servicios municipales		Otros		Total	Dotación
Alava	6.020.000	384	2.320.000	154	1.700.000	114	2.978.000	194	2.750.000	174	15.767.000	331
Albacete	2.240.000	56	285.000	8	275.000	8	510.000	15	70.000	3	3.430.000	109
Alicante	9.234.183	62	4.076.330	27	49.780	0,5	1.586.607	10,5	-	-	14.946.900	246
Almería	4.006.786	72	660.209	12	62.403	1,1	790.000	14	50.000	0,9	5.569.598	142
Ávila	1.659.858	69	120.610	5	134.042	5,5	498.264	20,5	-	-	2.412.774	216
Badajoz	1.725.963	70	540.600	22	183.417	8	-	-	-	-	2.449.980	64
Baleares	12.575.561	93	-	-	578.000	4	152.819	1	200.000	2	13.506.380	173
Barcelona	137.633.830	74	23.105.118	13	17.394.356	9	-	-	7.453.471	4	185.586.325	287
Burgos	3.594.308	58	1.740.839	28	-	-	420.940	7	369.982	7	6.126.069	150
Cáceres	1.993.034	92	-	-	-	-	168.690	8	-	-	2.161.733	104
Cádiz	5.421.019	59	3.718.899	41	-	-	-	-	-	-	9.139.918	179
Castellón	3.960.990	57	1.990.990	29	-	-	960.020	14	-	-	6.912.000	211
Ciudad Real	1.399.000	66	550.900	26	53.990	2	120.710	6	-	-	2.115.600	142
Córdoba	15.363.517	91	-	-	-	-	1.592.346	9	-	-	16.955.863	195
Coruña, La	6.113.677	53	4.427.282	38	806.076	7	-	-	227.008	2	11.574.043	158
Cuenca	1.400.000	56	300.000	12	350.000	14	450.000	18	-	-	2.500.000	205
Gerona	1.432.780	42	-	-	558.340	16	1.432.780	42	-	-	3.423.900	189
Granada	9.940.000	86	525.000	5	325.000	3	710.000	6	-	-	11.500.000	193
Gundalajara	990.500	58	-	-	406.000	24	265.000	15	50.240	3	1.711.740	167
Guipúzcoa	11.078.987	54	3.744.975	18	2.687.914	13	3.162.240	15	-	-	20.674.116	345
Huelva	2.750.600	66	850.000	20	-	-	561.720	14	-	-	4.162.320	116
Huesca	950.800	85	169.680	15	-	-	-	-	-	-	1.120.480	104
Jacán	2.349.484	55	1.119.708	26	100.000	2	650.000	16	50.000	1	4.269.192	154
León	5.682.831	90	174.974	3	-	-	420.260	7	-	-	6.278.065	164
Lérida	4.600.343	90	499.942	10	-	-	-	-	-	-	5.100.285	164
Logroño	4.910.210	54	1.456.710	16	868.600	10	1.019.700	11	849.200	9	9.104.420	309
Lugo	3.213.760	46	-	-	-	-	-	-	3.763.318	54	6.977.078	269
Madrid	168.518.027	63	81.313.465	30,5	371.465	0,1	999.492	0,4	21.954.458	6	273.156.907	241
Millaga	14.529.600	63	6.400.584	28	500.000	2	1.521.850	7	-	-	22.952.843	175
Murcia	8.250.500	60	1.900.000	14	60.500	0,5	1.933.200	14	1.600.800	11,5	13.745.000	137
Navarra	7.793.487	64	3.133.787	26	21.280	0,5	711.369	6	433.044	3,5	12.092.967	235
Oranese	1.850.550	50	300.500	8	500.000	13	400.800	11	684.590	18	3.736.940	208
Oviedo	6.022.500	55	2.737.500	25	547.500	5	1.095.000	10	547.500	5	10.950.000	205
Palencia	1.013.540	24	659.910	15	130.000	3	1.100.000	26	1.350.500	32	4.253.950	204
Palmas, Las	7.257.867	80	571.184	6	53.291	0,5	1.063.853	13	52.304	0,5	8.998.501	91
Pontevedra	2.337.240	59	300.500	8	260.900	7	500.000	13	550.000	13	3.948.640	162
Salamanca	5.561.320	57	675.000	7	-	-	3.500.960	36	-	-	9.737.280	215
S. C. Tenerife	3.459.681	51	2.290.500	34	900.980	13	169.268	2	-	-	6.820.429	101
Santander	4.509.889	42	5.154.124	48	290.586	2	809.732	8	-	-	10.764.331	201
Segovia	952.315	45	856.218	41	-	-	-	-	296.320	-	2.104.853	141
Sevilla	36.241.601	81	6.483.200	14	350.500	0,7	1.964.819	4,3	-	-	45.040.120	195
Soria	1.184.458	81	270.967	18	-	-	-	-	8.803	1	1.464.228	170
Tarragona	4.555.400	70	-	-	1.000.000	15	1.000.000	15	-	-	6.555.400	246
Teruel	758.756	43	758.756	43	175.200	10	84.000	4	-	-	1.776.712	227
Toledo	1.784.256	46	450.624	11	1.540.900	40	-	-	95.900	3	3.871.680	239
Valencia	28.587.732	76	5.087.559	13	558.641	2	1.208.629	3	2.058.924	6	37.501.485	161
Valladolid	10.310.000	43	10.220.420	42	990.620	4	1.980.100	8	620.220	3	24.121.360	300
Vizcaya	13.489.100	50	5.531.600	20	850.950	3	4.730.900	17	2.700.810	10	27.303.360	184
Zamora	1.639.500	58	625.000	22	255.200	9	314.840	11	-	-	2.834.540	162
Zaragoza	35.421.200	75	6.542.120	14	1.420.500	3	2.340.300	5	1.430.200	3	47.154.320	286
<b>Total</b>	<b>628.261.090</b>	<b>66</b>	<b>194.641.224</b>	<b>20</b>	<b>37.313.240</b>	<b>4</b>	<b>45.879.219</b>	<b>4,5</b>	<b>50.237.592</b>	<b>5,5</b>	<b>956.332.365</b>	<b>217,8</b>

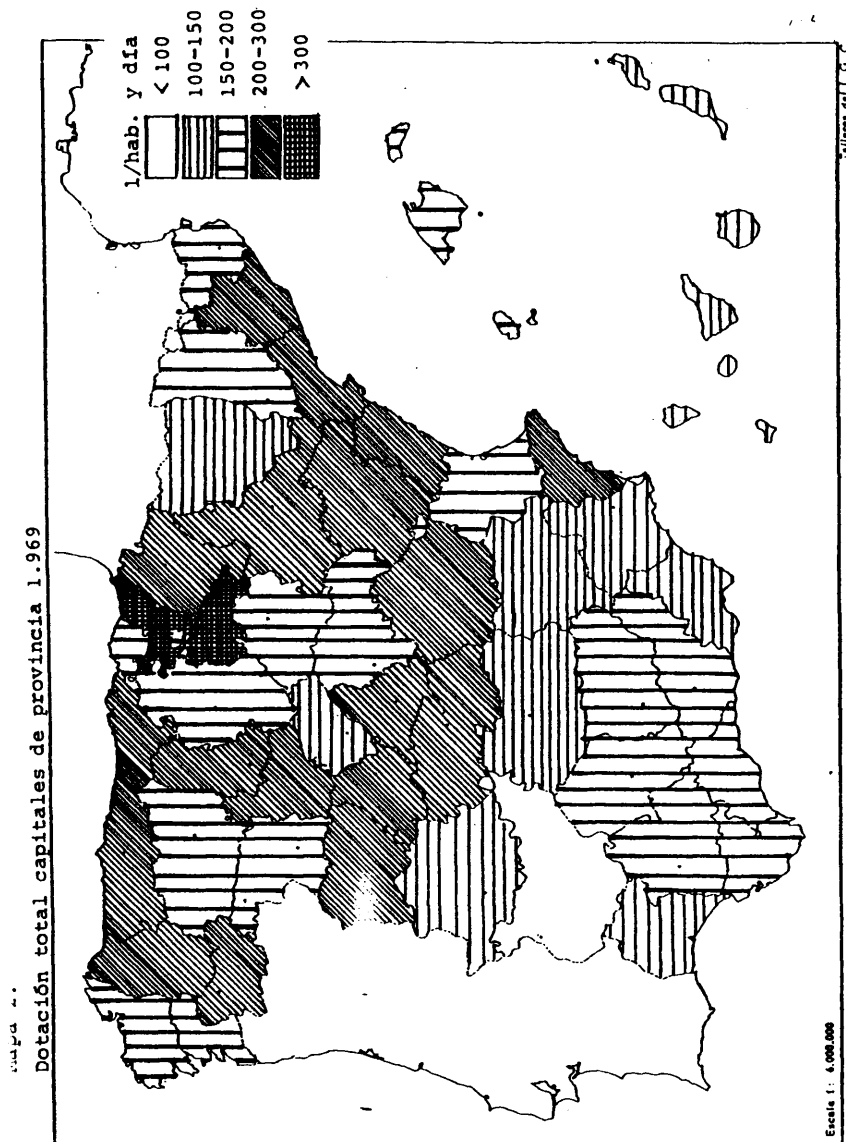
Fuente: Servicio Sindical de Estadística, S.N.A.G.E. O. Sindical. 1.968-69. Elaboración personal.

Mapa 1.

Consumo Total por capitales de provincia 1.969







Las áreas mejor dotadas son Guipúzcoa, Alava y Logroño, mientras que las infradotadas son las capitales Canarias, las capitales de Extremadura, Huesca y Albacete. El resto superan los 130 l./hab. y día, que se pueden considerar mínimos vitales en las ciudades del mundo actual.

He correlacionado los valores de población con los de consumo total en las 50 capitales de provincia española, para hallar la relación entre el valor de la recta ajustada y los valores reales por medio de residuales absolutos y estandarizados. (8) (cuadro nº 4; Mapas 3 y 4). La recta de regresión calculada es  $y' = -3,88 + 0,09x$ , con coeficiente de determinación  $r^2 = 0,96$ . Hay que indicar que los valores estimados en una recta pueden en algún caso salir con valor negativo debido a que no he cambiado el origen de la ordenada por comodidad. Con este sistema lo que hago es definir una relación teórica entre la población y el consumo, de forma que a cada nivel de población le corresponderá un consumo teórico. Allí donde los residuales sean positivos se tratará de una capital de provincia con buena relación agua por habitante; donde el valor residual salga negativo se tratará de una capital infradotada, con un consumo menor al que corresponde para su categoría poblacional. De cualquier forma, podría haber elegido otro tipo de ajuste como el exponencial o mejor el logístico, pero para entrever la realidad creo que es suficiente el de tipo lineal. En el mapa 3 que recoge los residuales absolutos de las capitales de provincia vuelven a aparecer los mismo hechos que en los mapas anteriores; Madrid, Barcelona, Zaragoza, parte del País Vasco y Valladolid tienen residuales positivos muy altos; las capitales de provincia de la mitad sur tienen residuales negativos, junto con las capitales isleñas y salvo Ciudad Real, Jaén y Alicante; la mitad norte española tiene capitales bien dotadas salvo La Coruña y Bilbao. Hay, no obstante que distinguir entre aquellas ciudades que tienen mucha población y las que tienen poca, ya que puede resultar no significativo que ciudades con poca población tengan un buen consumo de agua, por el error que intro-

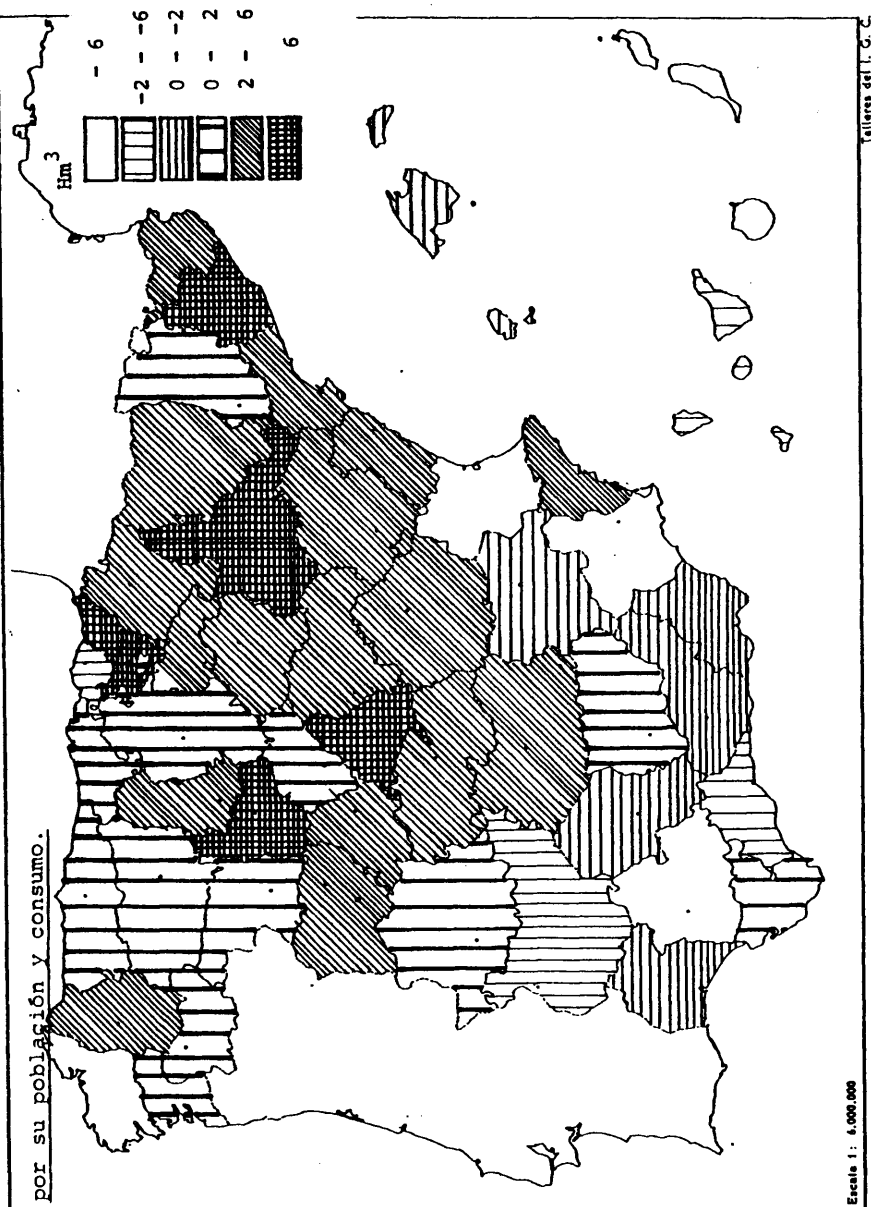
CUADRO N°4. CONSUMO ANUAL DE AGUA INDUSTRIAL CORRELACIONADO CON EL NU  
DE HABITANTES EN LAS 5 ANOLA EN EL AÑO 1.96

Provincias	Población x miles hab.	Consumo total Hm <sup>3</sup>	y' consumo técnico	Residuales absolutos	estandariza
Alava (Vi.)	118,3	15,76	7,34	8,42	0,18
Albacete	80,2	3,4	3,73	-0,33	-0,01
Alicante	155,5	14,94	10,87	4,07	0,09
Almería	100,6	5,56	5,66	-0,1	-0,002
Avila	30,2	2,41	-1,02	3,43	0,07
Badajoz	109,8	2,44	6,54	-4,1	-0,09
Baleares (PM.)	198,6	13,5	14,96	-1,4	-0,03
Barcelona	1.879,4	185,58	174,45	11,13	0,24
Burgos	102,8	6,12	5,87	0,25	0,01
Cáceres	53,7	2,16	1,21	0,95	0,02
Cádiz	132,6	9,13	8,7	0,43	0,01
Castellón	83,2	6,91	4,01	2,9	0,06
Ciudad Real	39,7	2,11	-0,11	2,22	0,05
Córdoba	224,7	16,95	17,44	-0,49	-0,01
Coruña, (La)	286,1	11,57	23,27	-11,7	-0,26
Cuenca	31,5	2,5	-0,89	3,39	0,07
Gerona	46,3	3,42	0,51	2,91	0,06
Granada	162,9	11,5	11,58	-0,08	-0,001
Guadalajara	24,5	1,71	-1,56	3,27	0,07
Guipúzcoa (S.S.)	154,6	20,67	10,79	9,88	0,22
Huelva	88,6	4,16	4,53	-0,37	-0,1
Huesca	26,8	1,12	-1,34	2,46	0,05
Jaén	71,1	4,26	2,87	1,39	0,03
León	97,3	6,27	5,35	0,92	0,02
Lérida	78,5	5,10	3,57	1,53	0,03
Logroño	75,4	9,10	3,27	5,83	0,13
Lugo	66,8	6,97	2,46	4,51	0,10
Madrid	2.816,1	273,15	263,34	9,81	0,21
Málaga	335,0	22,95	27,91	-4,96	-0,11
Murcia	278,0	13,74	22,5	-9,33	-0,19
Navarra (P.)	131,1	12,09	8,56	3,53	0,08
Orense	72,0	3,73	2,95	0,78	0,02
Oviedo	146,3	10,95	10,0	0,95	0,02
Palencia	53,6	4,25	1,2	3,05	0,07
Palmas, Las	251,3	8,99	19,96	-10,97	-0,24
Pontevedra	62,5	3,94	2,05	18,9	0,04
Salamanca	111,8	9,73	6,73	3,0	0,07
Santa C.Tenerife	172,4	6,82	12,48	-5,66	-0,12
Santander	136,6	10,76	9,08	1,68	0,04
Segovia	58,5	2,10	1,67	0,43	0,01
Sevilla	593,9	45,04	52,47	-7,43	-0,16
Soria	22,1	1,46	-1,78	3,24	0,07
Tarragona	66,7	6,55	2,45	4,1	0,09
Teruel	21,0	1,77	-1,89	3,66	0,08
Toledo	41,9	3,87	0,09	3,78	0,08
Valencia	586,1	37,50	51,73	-14,23	-0,31
Valladolid	202,2	34,12	15,31	8,81	0,19
Vizcaya (Vi.)	382,3	27,3	32,4	-5,1	-0,11
Zamora	44,2	2,83	0,31	2,52	0,06
Zaragoza	419,5	47,15	35,93	11,22	0,25

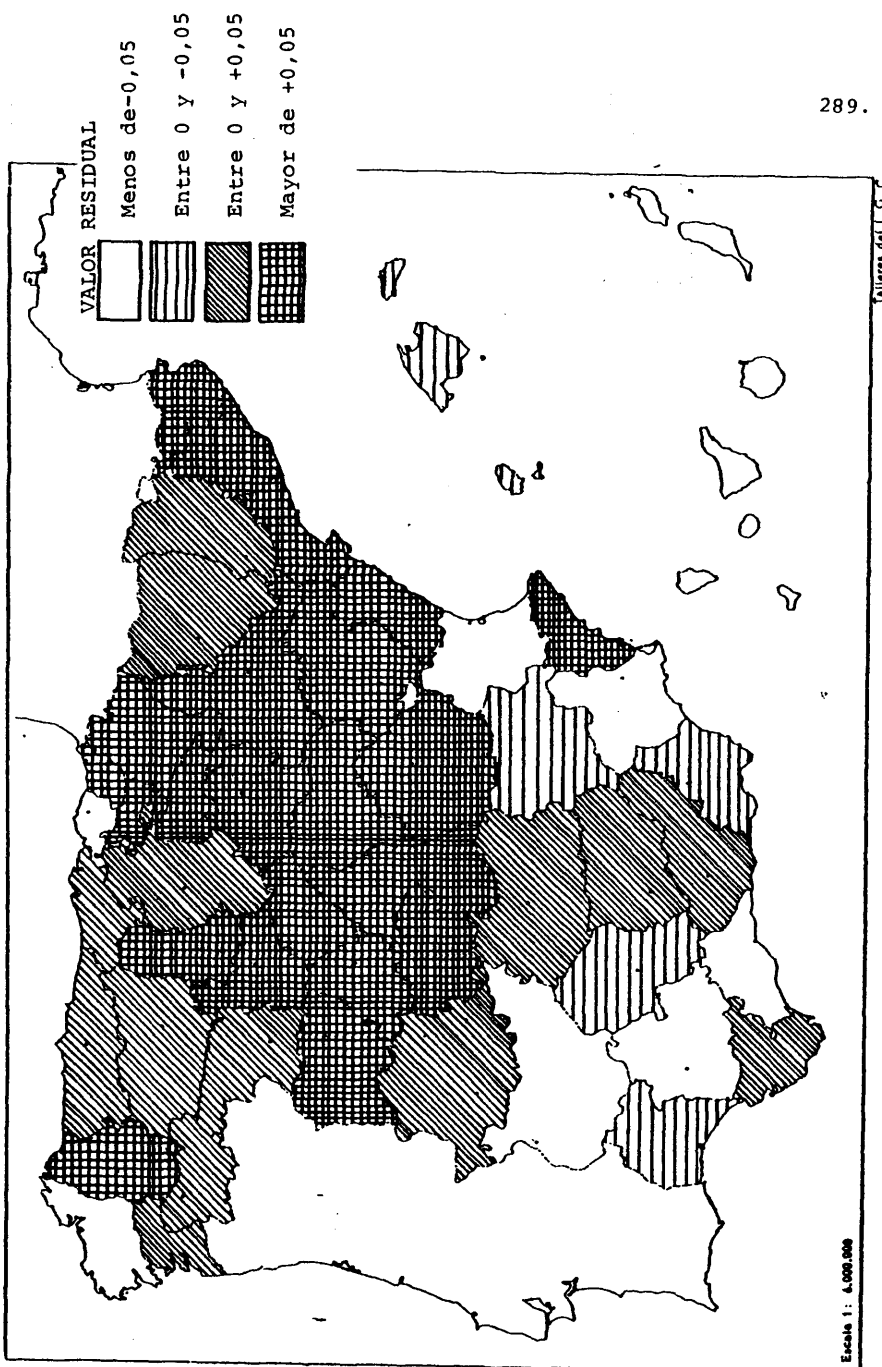
Fuente: Elaboración personal.

Mapa 3.

Residuales absolutos del abastecimiento de agua a las capitales de provincia española 1.969,  
por su población y consumo.



MAPA N°4 RESIDUALES ESTANDARIZADOS DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA A LAS CAPITALES ESPAÑOLAS.



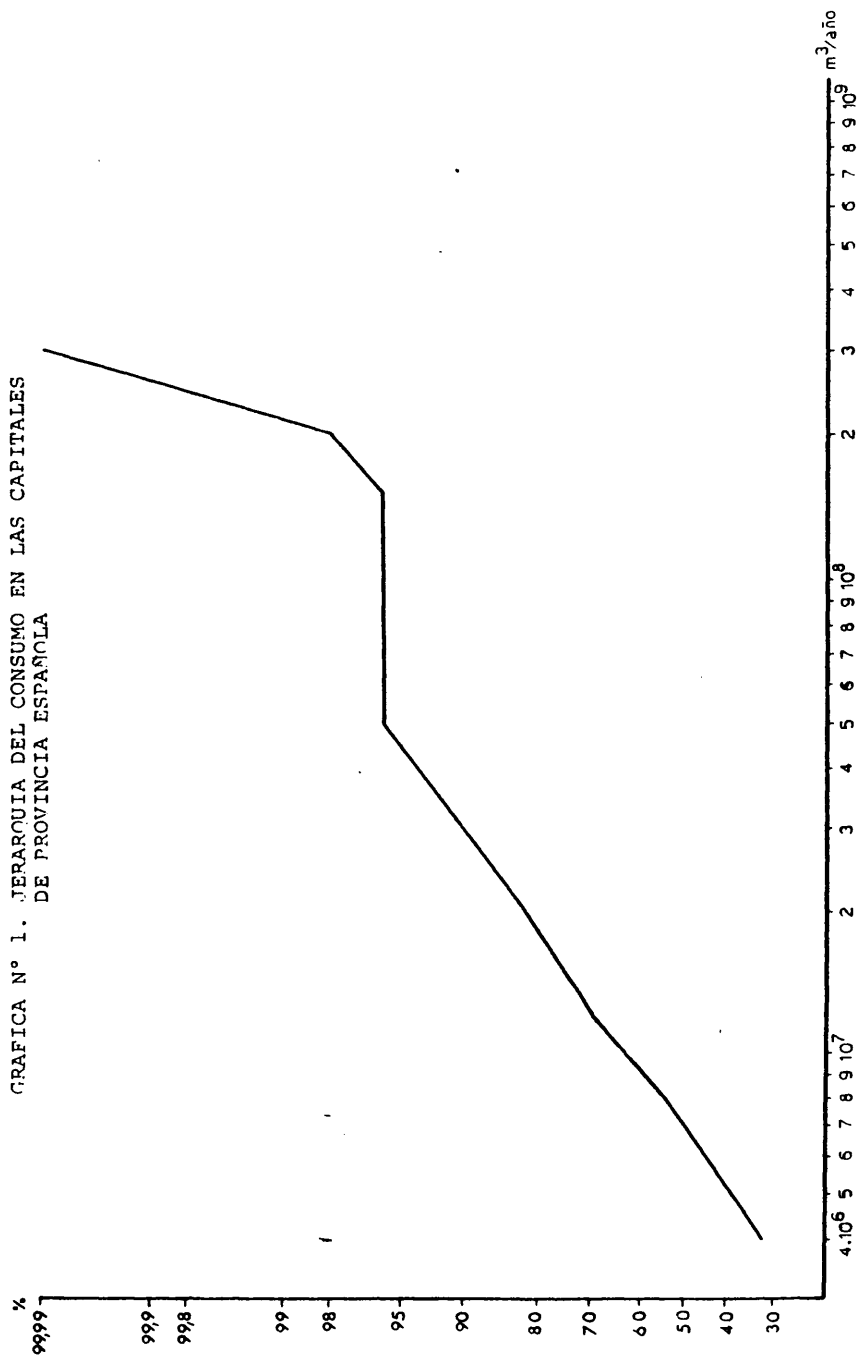
ducen en los residuales la recta de regresión. El mapa n° 4 de los residuales estandarizados resulta menos expresivo que el anterior, aunque se pueden repetir las mismas conclusiones, por cuanto que la desviación estandar tiene un valor muy elevado.

Para poder expresar gráficamente la distribución del volumen de agua consumido en las distintas capitales de provincia, resolví utilizar la escala logarítmica de probabilidades que permiten apreciar de una forma sencilla el grado de jerarquización de dichas ciudades en relación a su consumo de agua en el año 1.969. (Gráfico n° 1).

Según los datos del cuadro n° 5 se ve una distribución normal hasta los cincuenta millones de metros cúbicos/año, y un "gap", o punto de ruptura, a partir de ese valor hasta los 200 millones de metros cúbicos/año. Se trata de una distribución disarmónica o irregular definida por la fuerte preponderancia de las dos primeras metrópolis, Madrid y Barcelona. Este hecho ha sido contrastado con un reciente trabajo (9), gráfico n° 2, en el que se aprecia en estos años una distribución similar a la de la jerarquía del agua, para el fenómeno de la población española en el año 1.970. Sin embargo, no se corresponden las categorías y órdenes en ambas distribuciones. Por ejemplo, Badajoz estaría en la tabla de orden por la población en un lugar central, mientras que por el consumo de agua ocupa un lugar muy bajo en la tabla del mismo. Mientras que Tarragona, con una población mucho menor ocupa un puesto en la tabla de consumo mucho mas elevado. Estos ejemplos explican la no correspondencia de los valores entre la tabla de población y la de consumo. Por lo que es necesario recurrir a un sistema que clasifique las ciudades en epígrafes mas concretos.

Por lo que respecta al consumo de agua industrial, las capitales de provincia que consumen mayores volúmenes (mapa 5), están localizadas fundamentalmente en la periferia; las regio-

GRAFICA Nº 1. JERARQUIA DEL CONSUMO EN LAS CAPITALES  
DE PROVINCIA ESPAÑOLA



CUADRO N° 5. JERARQUIA DEL CONSUMO DE AGUA EN LAS CAPITALS DE  
PROVINCIA ESPAÑOLA EN M<sup>3</sup>/AÑO EN 1.969.

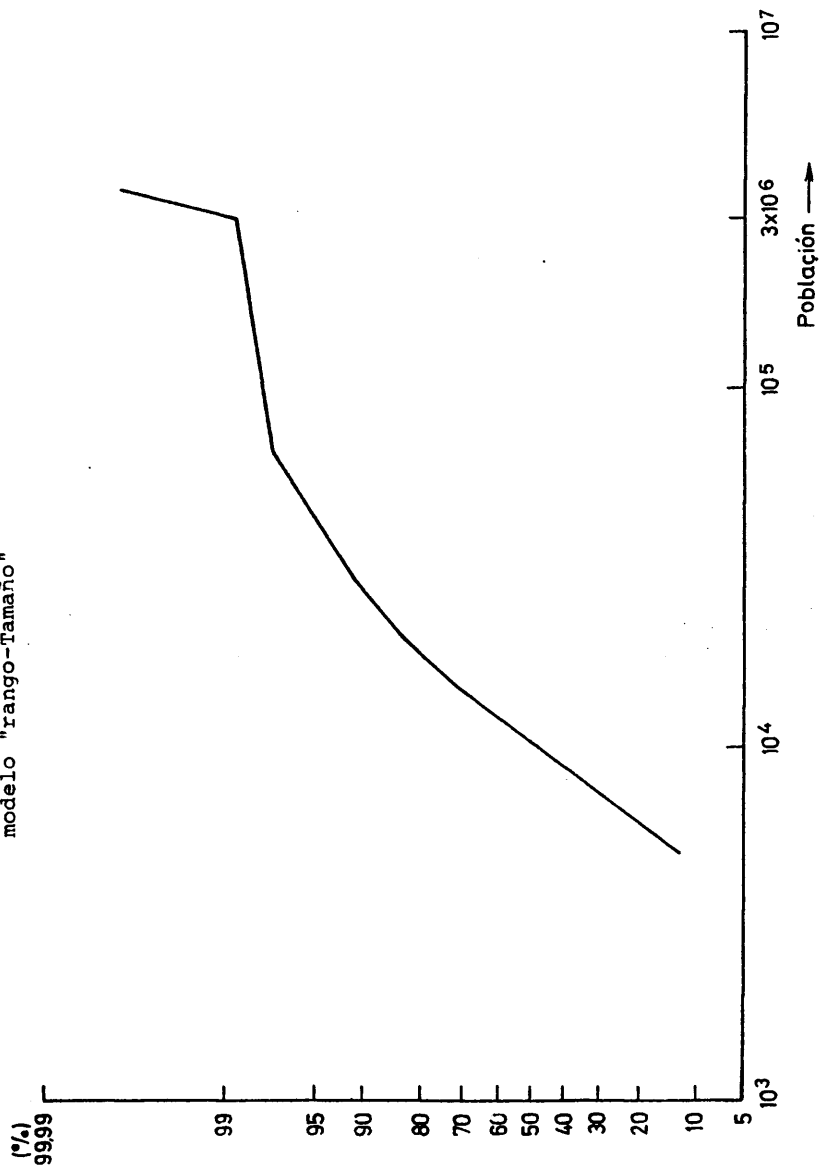
Número	Capitales de Provincia de menor a mayor	Consumo m <sup>3</sup> /año
1.	Huesca	1.120.480
2.	Soria	1.464.228
3.	Guadalajara	1.711.740
4.	Teruel	1.776.712
5.	Segovia	2.104.853
6.	Ciudad Real	2.115.600
7.	Cáceres	2.161.733
8.	Avila	2.412.774
9.	Badajoz	2.449.980
10.	Cuenca	2.500.000
11.	Zamora	2.834.540
12.	Albacete	3.400.000
13.	Gerona	3.423.900
14.	Orense	3.736.940
15.	Toledo	3.871.680
16.	Pontevedra	3.948.640
17.	Huelva	4.162.320
18.	Palencia	4.253.950
19.	Jaen	4.269.192
20.	Lérida	5.100.285
21.	Almería	5.569.398
22.	Burgos	6.126.069
23.	León	6.278.005
24.	Tarragona	6.555.400
25.	Santa Cruz de Tenerife	6.820.429
26.	Castellón	6.912.000
27.	Lugo	6.977.078
28.	Las Palmas	8.998.501
29.	Logroño	9.104.420
30.	Cádiz	9.139.918
31.	Salamanca	9.737.280
32.	Santander	10.764.331
33.	Oviedo	10.900.000
34.	Granada	11.500.000
35.	La Coruña	11.574.043
36.	Navarra (Pamplona)	12.092.967
37.	Baleares (Palma)	13.506.380
38.	Murcia	13.745.000
39.	Alicante	14.946.900
40.	Alava	15.767.000
41.	Córdoba	16.955.863
42.	Guipúzcoa (S. Sebastián)	20.674.116
43.	Málaga	22.952.843
44.	Valladolid	24.121.360
45.	Vizcaya (Bilbao)	27.303.360
46.	Valencia	37.501.485
47.	Sevilla	45.040.120
48.	Zaragoza	47.154.320
49.	Barcelona	185.586.325
50.	Madrid	273.157.907

Fuente: Elaboración propia.



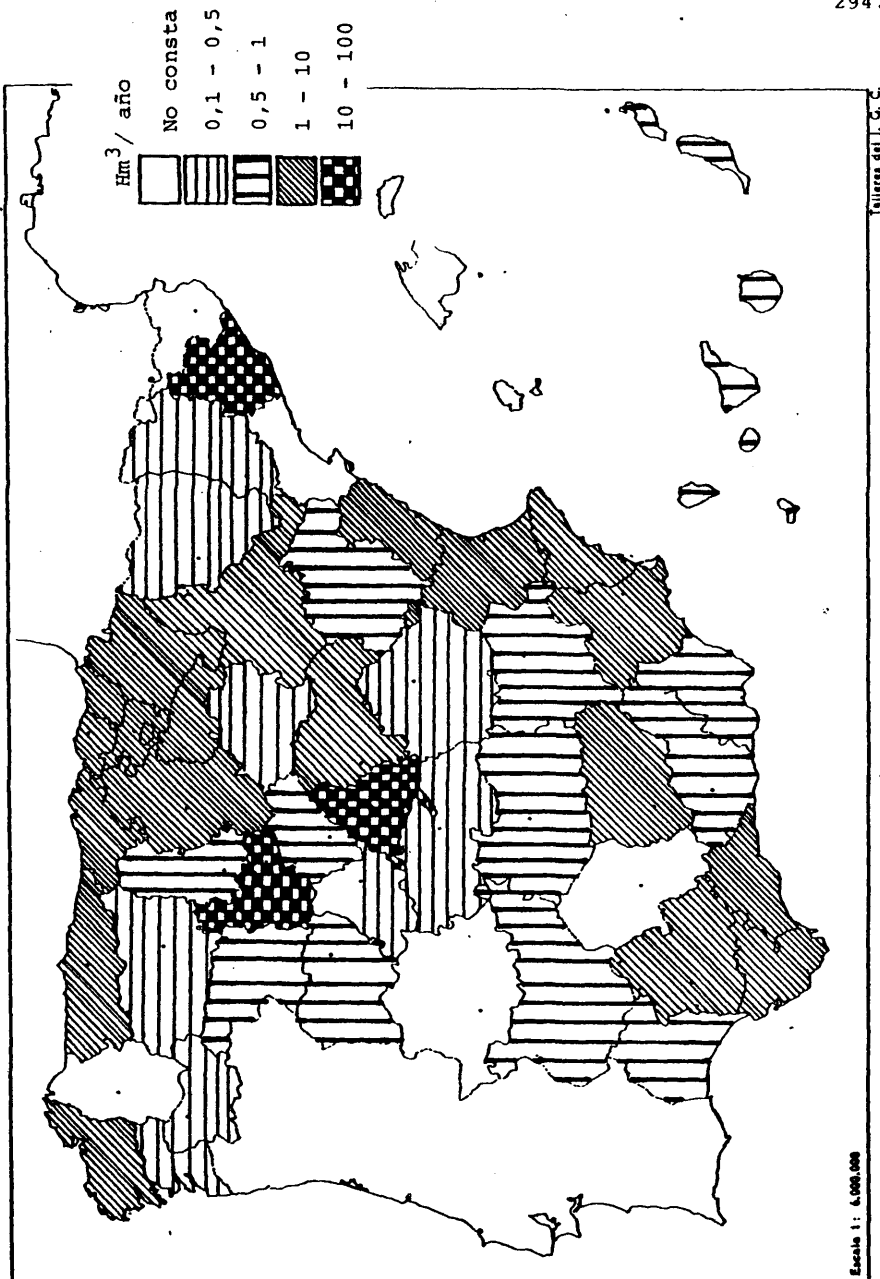
Gráfico n° 2.

Fuente: Antonio Guerra Zaballos. Los sistemas regionales españoles según el modelo "rango-Tamaño"



- Estructura de los núcleos españoles de más de 50.000 hab. y capitales de provincia. 1970. Población de hecho.

MAPA N°5 CONSUMO DE AGUA INDUSTRIAL EN LAS CAPITALES DE PROVINCIA EN 1969.

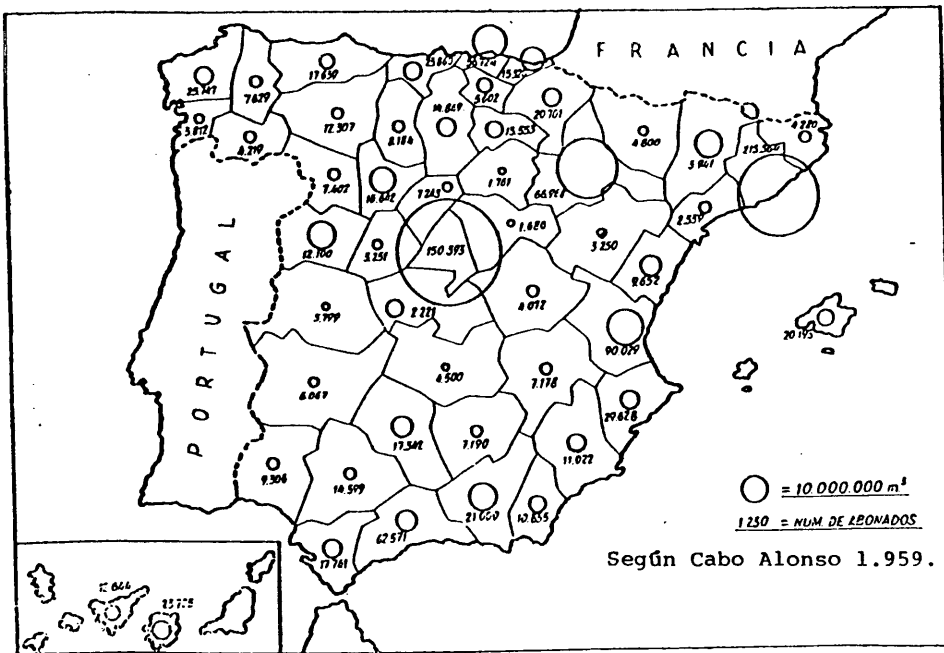


nes mas consumidoras son las mas industrializadas. Es decir, el País Vasco, Navarra, Asturias, Santander y La Coruña, así como Zaragoza, Logroño, Burgos, el antiguo reino de Valencia, Murcia, y las provincias andaluzas de Málaga, Cádiz y Sevilla. Hay que destacar que las capitales de provincia mas consumidoras son Madrid, Barcelona y Valladolid. La media de consumo de agua industrial era de 3,89 Hm<sup>3</sup>, de manera que el orden de consumo por encima de la media lo forman: Madrid, Barcelona, Valladolid, Zaragoza, Sevilla, Málaga, Bilbao, Santander, Valencia, La Coruña y Alicante. En este grupo no aparecen algunas capitales en provincias muy industrializadas, o bien, porque son ciudades de la vertiente N. de la cordillera cantábrica, y por tanto tienen otras fuentes de abastecimiento que las encuestadas por Sindicatos, o bien porque la industria no esté concentrada en la capital sino dispersa en pequeñas poblaciones .

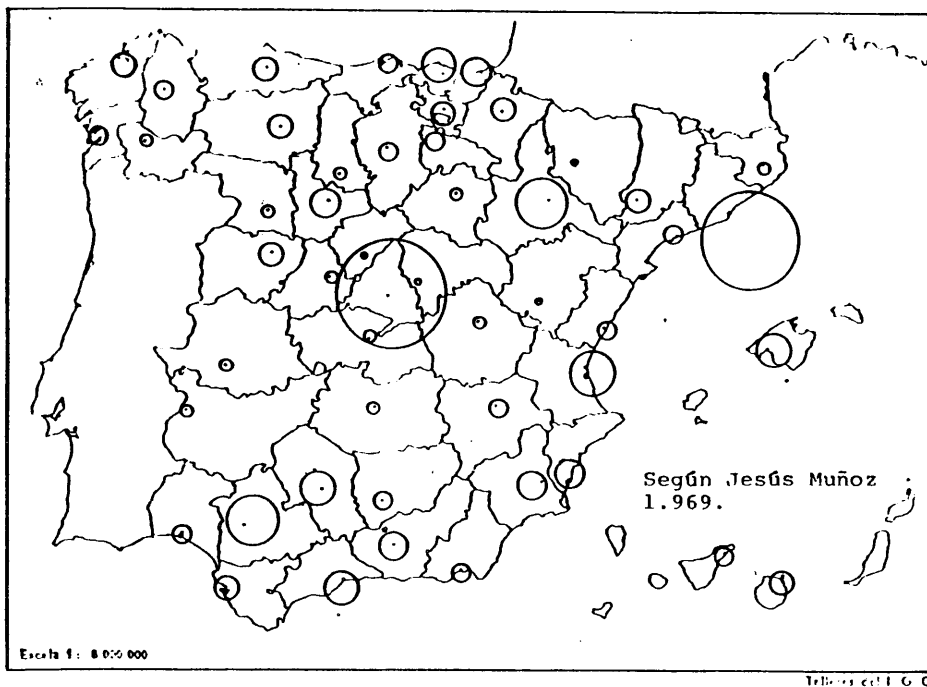
En cuanto al porcentaje de consumo de agua industrial en relación con el total de consumo de las capitales de provincia, existe una cierta heterogeneidad producida por la diferencia poblacional; las capitales que superan el doble de la media nacional, es decir 20% de consumo industrial sobre el consumo total son: Santander con el 48% de consumo industrial

Teruel con	43%	"	"
Valladolid	42%	"	"
Segovia	41%	"	"
Cádiz	41%	"	"

Es notable, que aparezcan aquí dos provincias netamente agrarias y sin industrialización, como son Teruel y Segovia, pero sus capitales cuentan con poca población y relativamente pocos recursos hídricos, por lo que los valores tan altos de porcentaje de agua industrial sobre el consumo total no son representativos y lo único que nos dicen, es que con poco consumo total, (están situados en los diez últimos puestos del consumo total por capitales de provincia, cuadro n° 5), el consumo industrial representa casi la mitad de dicho consumo.



Mapa nº 6. Consumo domiciliario en las capitales de provincia española



Mapa nº 7.

Refiriéndome al consumo domiciliario (mapa 6 y 7), no ha habido cambios sustanciales por lo que respecta a la cantidad proporcional, comparando a nivel de capitales de provincia los valores de 1.969 con los que da Cabo Alonso para 1.959 (10), las capitales consumen mayor cantidad de agua, pero la jerarquía del consumo domiciliario es similar; ocupan los mismos intervalos Madrid, Barcelona, Zaragoza, Valencia, Bilbao, al igual que Sevilla y Córdoba que en los últimos 10 años han aumentado considerablemente en la escala de consumo. También ha aumentado Málaga mientras que Granada ha disminuído proporcionalmente. El resto de las capitales aumenta parcialmente, pero no de forma espectacular en ningún caso. Además hay que tener presente que las escalas utilizadas en los ejemplos gráficos son distintas, pero permiten ver la relación existente de forma clara.

NOTAS 2.7

- (1) Exposición de la ciudad y de la vivienda moderna: Información del Canal de Isabel II. Madrid, Marzo, 1.927.
- (2) MARIN JAIME, J.M.: Agua y uso del suelo en el término municipal de Zaragoza. Geographicalia, nº 3. Zaragoza, 1.979. Págs. 1 y ss.
- (3) Recogido de Moreno Bardigi, F.: "Explotación de abastecimientos de aguas". Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1.974. Pág. 39.
- (4) Ministerio de Planificación del Desarrollo: Estudio sobre equipamiento en estructuras y servicios urbanos. Tomo III. Madrid, 1.975.
- (5) Servicio Sindical de Estadística. Sindicato de Agua, Gas y Electricidad: Datos estadísticos, técnicos, y laborales de las industrias de abastecimiento de agua para usos domésticos.e industriales y para regadíos en España. Organización Sindical, Madrid, 1.969. Págs. 39 y ss.
- (6) CABO ALONSO, A.: El consumo de agua en España: Estudios Geográficos. Nº 76. Madrid, Agosto, 1.959. Págs. 427 y ss.
- (7) GARCIA RUIZ, J.M.: El consumo de agua en las capitales de provincia. Boletín de la R.S.Geografica. Tomo CXI. Madrid, Enero-diciembre de 1.975. Pág. 101. Este profesor, con datos de la misma fuente (Organización Sindical) realiza un análisis del consumo de agua en España muy pormenorizado con unas conclusiones interesantísimas.
- (8) ESTEBANEZ ALVAREZ, J. y BRADSAW, R.P.: Técnicas de cuantificación en Geografía. Editorial Tebar Flores. Madrid, 1.979. Pág. 308-311.

- (9) GUERRA ZABALLOS, A.M.: Los sistemas regionales españoles según el modelo "Rango-Tamaño" . Memoria de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Complutense. Madrid, 1.979. Geographica. Madrid, 1981. En prensa.
  
- (10) CABO ALONSO, A.: "El consumo de agua en España". Op, cit. Págs. 427.

## 2.8. Población, Viajes y Aguadores

Un gran número de cronistas, eruditos e investigadores han estudiado un hecho constante en la vida madrileña, y es el de la abundancia idílica de agua que tenía el subsuelo de los alrededores y la facilidad para encontrarla a pocos metros de la superficie, gracias a la alternancia de capas arenosas y margoarcillosas. El mismo emplazamiento de la ciudad y su nombre primitivo (1) hacen referencia a este hecho, y es más, hasta el santo Patrón, como afirma un buen amigo es un zahorí, que realiza milagros haciendo pozos.

Pero estas aguas no han sido nunca de forma objetiva, un factor que determinase la posibilidad de expansión y crecimiento de la ciudad. Es más, Madrid no ha tenido dotaciones específicas importantes durante la época en que se abastecía de aguas subterráneas por medio de viajes. El agua fue un bien no sólo escaso, sino irregular y desigualmente distribuido debido, en gran parte, a la existencia de pozos y viajes particulares y por otro lado a que los viajes de uso público eran insuficientes para abastecer a la población madrileña durante el Antiguo Régimen. (1)

Madrid era para los cronistas una ciudad sucia, mal construida y sin ningún tipo de infraestructura sanitaria al igual que casi todas las capitales europeas. Pero a medida que los efectos de la revolución industrial se iban haciendo patentes en otros lugares, en nuestra ciudad, estos efectos son más tardíos, y en el caso concreto del agua no se pone remedio hasta bien avanzado el siglo XIX, por lo que al mismo tiempo se retrasó la posible localización de industrias aunque contasen ya con otros factores de localización como el ferrocarril y la mayor rapidez de los intercambios.

A pesar de esto la población creció desde 1.510 en la forma en que recogen el cuadro 1 y el gráfico 1, donde he transcrito también los valores referentes a los siglos XII-XV,

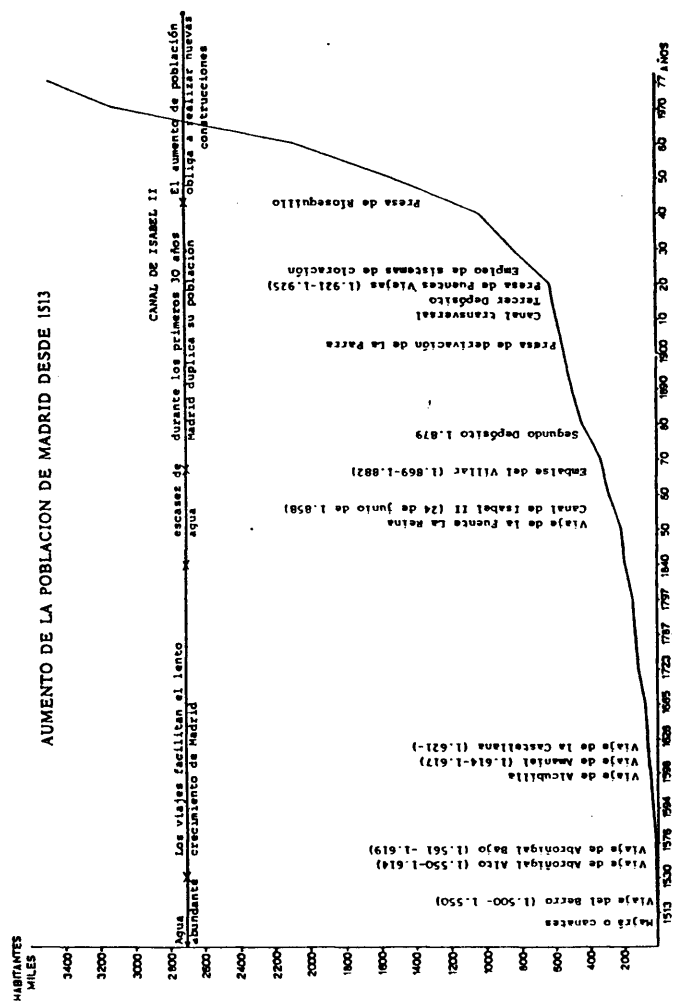


CUADRO N° 1

Años	Población	Fuente
S. XII-XIII	2.000-3.000	estimado
S. XIV	3.000-5.000	"
S. XV	5.000-10.000	"
1.513	3.000 vecinos	"
1.530	4.000-4.775	"
1.530-61	15.000-6.000 vecinos	"
1.570	14.000-14.000	"
1.594	46.209-46.209-55.000	Felipe II
1.598	57.285	"
1.622-26	69.418	promedio
1.625	70.000	estimado
1.723	130.000-121.700-129.473	"
1.740	136.000	"
1.766	150.000	Aranda
1.787	147.543-156.782	Floridablanca
1.797	166.607	Larruga-Godoy
1.833	166.595	
1.836	224.312	Madoz encuesta
1.842	157.397	" "
1.845	206.714	" "
1.846	205.848	
1.847	215.000	
1.850	221.707	
1.851	234.178	
1.852	238.108	
1.855	257.895	
1.857	281.170	censo
1.858	240.000	
1.860	298.426-298.043	Censo (muy fiable)
1.861	298.680	
1.862	269.000-288.373	
1.864	285.174	
1.865	283.917	
1.866	280.000-282.976	
1.868	282.635	
1.869	292.483	
1.870	298.426-331-665	
1.875	300.673	
1.877	307.816	Censo
1.880	449.867	
1.887	470.283	Censo
1.890	485.000-482.816	Comienza la era estadística
1.898	530.000	
1.900	528.984	
1.905	547.399	Padrón
1.910	584.117	Censo
1.915	615.075	Padrón
1.920	678.737	Censo

Años	Población	Fuente
1.925	773.318	Padrón
1.930	893.223	Censo
1.935	1.020.685	Padrón
1.940	1.088.847	Censo
1.941	1.101.831	
1.942	1.121.837	
1.943	1.151.732	
1.944	1.175.215	
1.945	1.237.621	
1.946	1.258.631	
1.947	1.413.264	
1.948	1.440.038	
1.949	1.471.013	
1.950	1.618.435	
1.951	1.641.954	
1.952	1.669.964	
1.953	1.699.775	
1.954	1.777.698	
1.955	1.843.705	
1.956	1.879.037	
1.957	1.926.550	
1.958	1.975.666	
1.959	2.028.091	
1.960	2.259.931	
1.961	2.305.689	
1.962	2.378.934	
1.963	2.464.258	
1.964	2.558.583	
1.965	2.793.510	
1.966	2.866.728	
1.967	2.949.801	
1.968	3.030.689	
1.969	3.103.795	
1.970	3.146.071	
1.971	3.209.498	
1.972	3.274.478	
1.973	3.334.086	
1.974	3.386.440	
1.975	3.201.234	

Fuentes: (2)



Esta evolución histórica de la población madrileña durante el Antiguo Régimen tiene a gran escala una clara adecuación al suministro de agua como se aprecia en el gráfico 1, donde señalo la relación con el abastecimiento de agua. Es indudable que existen otros factores en este crecimiento, pero el agua es uno de los más importantes. En un primer momento la población crece lentamente, el agua todavía es abundante, se abren nuevos viajes y se reparan e incrementan los construidos por los musulmanes. La capitalidad y Felipe II hacen que la población se dispare y sea necesario aumentar los viajes, construir algunos más y ampliar la extensión superficial de la red de captación. Esta situación se mantiene con mejores o peores alternativas hasta el siglo XIX, en que la presión se hace constante, y aunque ya se habían hecho proyectos para utilizar otras fuentes de aprovisionamiento, es cuando se piensa en la realización del Canal de Isabel II. Sin duda la base de la ampliación de los viajes es la capitalidad, porque la abundante instalación de fuentes permitió establecer importantes servicios: tal fue el de extinción de incendios, cuyas primeras ordenanzas se hicieron en 1.641, llamándose "matafuegos" al personal dedicado a tal menester. Tal fue también el de aguadores, tan popular después en muchas plazas madrileñas. La primera matrícula de tal oficio se remonta al año 1.653. (3) Por otro lado, el oficio era como ya es conocido, monopolio de gallegos y asturianos (4) que también actuaban como bomberos.

Troll y Braun en un conocido trabajo (5) indican la ventaja de Madrid sobre otras ciudades españolas en el suministro de agua y en la calidad de las mismas, y ya en el "Fuero de 1.202," se menciona el abastecimiento de Madrid por medio de "viajes". Este hecho le valió a nuestra ciudad el privilegio de los reyes de Castilla y el constante crecimiento que registró su población a partir de la conquista a los musulmanes. Así Felipe II trae la capitalidad no sólo porque es villa de realengo cercana al Escorial, sino también por la bondad de las aguas.

Para Ballester Ros, "la villa de Madrid ha seguido un marcado proceso de desarrollo demográfico desde que Felipe II estableció en ella la capital; con cinco momentos de aumento máximo de población. El primero: en la segunda mitad del siglo XVI cuando Madrid recibe un notable movimiento migratorio. Fue su condición de corte y capital del reino la que principalmente lo determina. En un momento en que todas las ciudades españolas pierden población por emigración a América. El segundo momento tiene lugar en el reinado de Felipe V, una vez terminada nuestra guerra de Sucesión y en su transcurso se duplica la población de la villa."

"El tercero corresponde ya al período comprendido entre 1.846-1.867: la época de fundación del Canal. El cuarto de 1.917 a 1.920 y el quinto y último de 1.941 a 1.965," que podemos aumentar a 1.970. El mismo autor habla del siglo XIX y dice: "sin embargo, la construcción del Canal de Isabel II para abastecimiento de agua a la población de Madrid, representó una obra muy notable, y de indudable influencia en el futuro demográfico de la villa, acrecentándose el movimiento inmigratorio, el incremento anual se eleva con relación a épocas anteriores a 6.277 personas. En estas mismas fechas la aportación del movimiento biológico natural fue muy pobre e incluso negativo como lo demuestran estas cifras.

Años	Nupcialidad	Natalidad	Mortalidad	Crecimiento vegetativo
1.858-62	8,9	37‰	35,7‰	1,3%
1.863-70	8,9	42,2‰	44,6‰	-2,4%
1.878-84	7,2	37,6‰	40,5‰	-2,9%
1.886-92	7,0	34,7‰	37,5‰	-2,8%

La población perdida por los movimientos naturales fue en 1.860-99 de 28.501, mientras que Madrid aumentó de 1.860 a 1.900 en 276.538 habitantes que fueron el resultado de una fuerte inmigración. Este proceso sigue, de manera que de 1.900 a 1.960 de cada 100 habitantes, 24 los proporciona el

crecimiento vegetativo, 61 el movimiento migratorio, y el resto las anexiones de los municipios limítrofes."

Casas Torres, (7) en un reciente trabajo, relaciona, al igual que Huetz de Lemp, el crecimiento de Madrid entre 1.850 y 1.900 con el ferrocarril, pero no pasa por alto como Huetz la importancia que en este desarrollo ha tenido el Canal de Isabel II, haciendo al mismo tiempo una correlación muy interesante y paralela entre el consumo y la dotación de agua con el aumento de la población que experimenta la ciudad en esta época.

Para Bullón Ramírez (8), también la construcción del Canal tiene una trascendencia fundamental en el crecimiento de la población entre 1.860 y 77; según él las tres causas más importantes serían las siguientes: la desaparición de la cerca que desde 1.625 limitó la expansión de Madrid y permitió la construcción de nuevas barriadas, como Salamanca, Vallermosto, Argüelles, etc. La benéfica influencia de la construcción del Canal de Isabel II que dotó a Madrid de agua abundante para la población de la época y de excelente calidad. Y por último la transformación en esta época de Madrid como primer nudo ferroviario de España.

Aunque el segundo tercio del siglo XIX se ha considerado como una época de crecimiento continuo tal apreciación es falsa, como demuestra Fernández García (9), que afirma: 1º) que de 1.833-43 hay un período de estabilización de la población con unas cifras que no rebasan los 155.000 habitantes, 2º) de 1.843-53 hay un fuerte aumento que para mí se traduce en una época de fuerte escasez y que es la que en conclusión obliga a plantear de forma definitiva un nuevo sistema de abastecimiento de agua; 3º) este aumento sigue, aunque menos acusado de 1.853-63. De 1.863-68 la población se mantiene, incluso aparece una contracción demográfica. Esta recesión se debió a la fuerte epidemia de cólera

de 1.865, pero no debió de ser el único factor. A partir de 1.868 el aumento fue rápido hasta 1.877, debido a tres razones: la supresión de la cerca, permite la urbanización de las barriadas de Salamanca, Vallermosto y Argüelles; el Canal de Isabel II posibilita un mejor abastecimiento de agua; además el crecimiento de la red convierte a Madrid en centro ferroviario.

La importancia del Canal en el crecimiento de Madrid en el "último siglo" es indudable, como afirma Braun y Casas. Pero la tónica se mantiene hasta nuestros días, por ejemplo, una de las obras de urbanización mas famosa de nuestra ciudad, como es la Ciudad Lineal contaba desde el primer momento con agua del Canal, solicitada en 1.895-96 por Arturo Soria en nombre del Compañía Madrileña de Urbanización (10), incluso la obra mas importante del siglo XIX y parte del XX, el Ensanche, fue facilitada por un lado por la supresión de la cerca fiscal y por otro por la posibilidad de contar con agua del Canal, como demuestran las peticiones que hace el propio Marqués de Salamanca para llevar agua a los nuevos barrios. (11).

La importancia del Canal de Isabel II que en el desarrollo de la población madrileña es evidente, aún contando con otras variables, si comparamos la situación de antes con la de después. Basta hojear una publicación de tipo histórico (12); "Madrid, en sus diarios" para darse cuenta de la insuficiencia de agua que padecía Madrid en verano y las incomodidades que soportaba la población a causa del agua. Entre ellas una de las peores eran las enfermedades, como el cólera, 15 de septiembre a 3 de diciembre de 1.854. La preocupación del Ayuntamiento por el problema del agua era constante y se recogen datos de creación de nuevas fuentes y de un viaje; el 1 y 2 de enero de 1.856 se inaugura el último viaje madrileño, el de la Fuente de la Reina.

Como norma para proveerse aparece el sistema de canalones, es decir, recoger agua de lluvia, hecho que se generaliza en 1.848. También se pide al Ayuntamiento que dicte normas para que los propietarios de casas hagan pozos con los que abastecer a sus inquilinos. Cuando la situación llega a límites insostenibles, al agua sube de precio de forma exagerada, ya que los aguadores tienen que ir hasta San Antonio de la Florida, o a puntos mas alejados para cumplir con sus clientes, es decir, con los que pagan el agua. En otras ocasiones se prohíbe por medio de bandos que se llenen cántaros o cubas grandes en las fuentes vecinales y en los caños, y a los industriales que consumían mas volúmenes de agua, como tahoneros, cerveceros u horchateros, se les exhorta a que tomen agua de fuentes alejadas. Cuando la situaciones de sequía se hacen insostenibles se secan las fuentes de los paseos públicos. El verano de 1.852 fue un caso típico <sup>y sólo</sup> gracias a las norias del Abroñigal y al viaje de la Fuente de la Reina se pudieron conseguir 800 reales fontaneros que equivalen a 2.595 m<sup>3</sup>/día de agua, y que son el máximo que el sistema de viajes podía aportar. Pero además, permitieron que la población no muriese de sed en los veranos siguientes hasta la inauguración del Canal. A pesar de todo se llegó en el verano de 1.853 a traer agua de la Moncloa hasta la actual plaza de Santa Bárbara y Bilbao donde se construyeron unos depósitos provisionales.

He indicado el problema del precio del agua, pues bien, su valor subía, según la Memoria del Canal de 1.950 de 2,50 pts. comparativas de ese año a 31, es decir, se multiplicaba por 12 su valor. Además según Braun (13) en 1.632, los 3 grandes viajes, Agroñigal Alto, Bajo y Castellana suministraban agua a 73.000 habitantes, aproximadamente 175 reales fontaneros, o 567,8 m<sup>3</sup>/día, que expresado en dotación correspondían 7,7 litros/hab. y día. Prosigue diciendo, que de ellos el viaje de la Castellana libraba 30 reales fontaneros. Mas de los dos tercios de esa cantidad iban a compradores privados, y termina diciendo que a los aguadores y al resto de



los ciudadanos les quedaban 8 reales fontaneros, o  $25,95 \text{ m}^3$ /día, si esta cantidad abastecía a mas de 5.000 posibles habitantes queda una dotación de menos de 5 litros/habitante y día que prácticamente era poco mas del mínimo fisiológico. Es muy significativo este texto para apreciar la desigualdad de consumo existente durante el antiguo régimen. No obstante, hay que señalar que el más abundante y seguro de los viajes, el Abroñigal Bajo, abastecía a los barrios de más población y de menor nivel económico. El mismo autor afirma, que la permanencia de Madrid en un espacio urbano reducido es consecuencia del abastecimiento de agua y que la cerca fiscal no fue factor limitante de tanta trascendencia para el desarrollo como el sistema de abastecimiento de agua que prácticamente obligó a la concentración de la ciudad durante 250 años.

A la situación crítica de 1.850 se llegó, no sin tratar de remediarla, ya que se habían realizado varios anteproyectos de traída de aguas de los ríos serranos. La causa fundamental fue el aumento de población de Madrid desde la muerte de Fernando VII que puso en evidencia la incapacidad de incrementar la red de galerías de captación para aumentar el caudal de los viajes; la precariedad de agua era tan grande que según el Marqués de Lozoya, el baño era un hábito casi desconocido entre los madrileños.

En el cuadro 2 y gráfico 2 se puede apreciar como a lo largo del período 1.510-1.850 la aportación de agua de los cuatro viajes mas importantes era insuficiente para abastecer a una ciudad con mas de 200.000 habitantes. Se ve que los aumentos constantes de población reducen el valor de la dotación específica, y aunque los datos no son rigurosos ni totales, sólo son cuatro viajes, dan idea de las condiciones de vida y sobre todo de la falta de higiene de nuestros predecesores. Braun, deja constancia de esta precariedad de agua, afirmando que las industrias artesanales tuvieron que parar la producción por falta de agua en varias ocasiones.

## CUADRO N° 2

ABASTECIMIENTO DE AGUA A MADRID MEDIANTE VIAJES

Años	habitantes	consumo m <sup>3</sup> /día	dotación l/hab. día
1.530	4.000	mayrás o viajes musulmanes. Agua en abundancia.	
1.570	14.000	Entre 1.550 y 1.612 se construyen nuevos viajes y se mejoran y amplían los existentes.	
1.594	46.209		
1.598	57.285		
1.632	75.000	567	7,5
1.665	86.426		6,5-6,8
1.700		590	
1.701		400	
1.722		720	
1.723	129.473		4,4-5,5
1.724		570	
1.738		1.120	
1.739		1.130	
1.740	136.000		8,3-8,8
1.741		1.200	
1.744		1.510	
1.745		1.580	
1.746		1.600	
1.747		1.200	
1.748		1.180	
1.752		1.150	
1.753		1.000	
1.754		850	
1.757		720	
1.758		850	
1.759		760	
1.765		805	
1.766	150.000	760	5
1.768		930	
1.770		700	
1.771		695	
1.773		850	
1.775		780	
1.777		810	
1.779		880	
1.780		900	
1.782		870	
1.783		830	
1.786		1.250	
1.787	156.022		7,3-7,8
1.792		1.150	
1.793		1.160	
1.796		1.830	

# EL SISTEMA DE QANATES DE MADRID HACIA 1750

## Signos convencionales

— Qanate

— Galería

— Fuente

— Depósito de distribución

- I Viage de la Calle de Segovia  
1 Fuente de la Cruz Verde  
2 Fuente de los Caños Viejos  
3 Fuentes de la Puente de Segovia  
4 Fuentes de la Florida

- II Viage de los Caños del Peral  
5 Fuente de los Caños del Peral

- III Viage de la Calle del Río  
6 Fuente a la Casita de Peste  
7 Fuentes de la Florida

- IV Viage de los Caños de Leganitos  
8 Fuente del Palo  
9 Fuente debajo del Presi de D. Manó de Aragón

- V Viage de la Fuente de la Salud  
10 Fuente de las Darnas  
11 Fuente de la Florida  
12 Fuente de la Tela

- VI Viage de Amaniel  
13 Fuente de Metalobos  
14 Fuente del Cura

- VII Viage de la Alcubilla  
15 Fuente de San Antonio de los Portugueses  
16 Fuente de la Calle de Valverde  
17 Fuentes de Santo Domingo  
18 Fuente de la Red de San Luis  
19 Fuente de los Mostenses  
20 Fuente de los Alifudos

- VIII Viage de las Descalzas Reales

- IX Viage de la Castellana  
21 Fuente de la Castellana  
22 Fuente de los Galapagos  
23 Fuente del Soldado  
24 Fuente de la Calle de Hortaliza

- 25 Fuente de Capellanes  
26 Fuente de Santa Ana  
27 Fuente de Anton Martin  
28 Fuente de Santa Cruz

- X Viage de Alto Abroñigal  
29 Fuente de la Manblanca  
30 Fuente de San Salvador  
31 Fuente de los Relatores  
32 Fuente de la Plaza de la Cebada

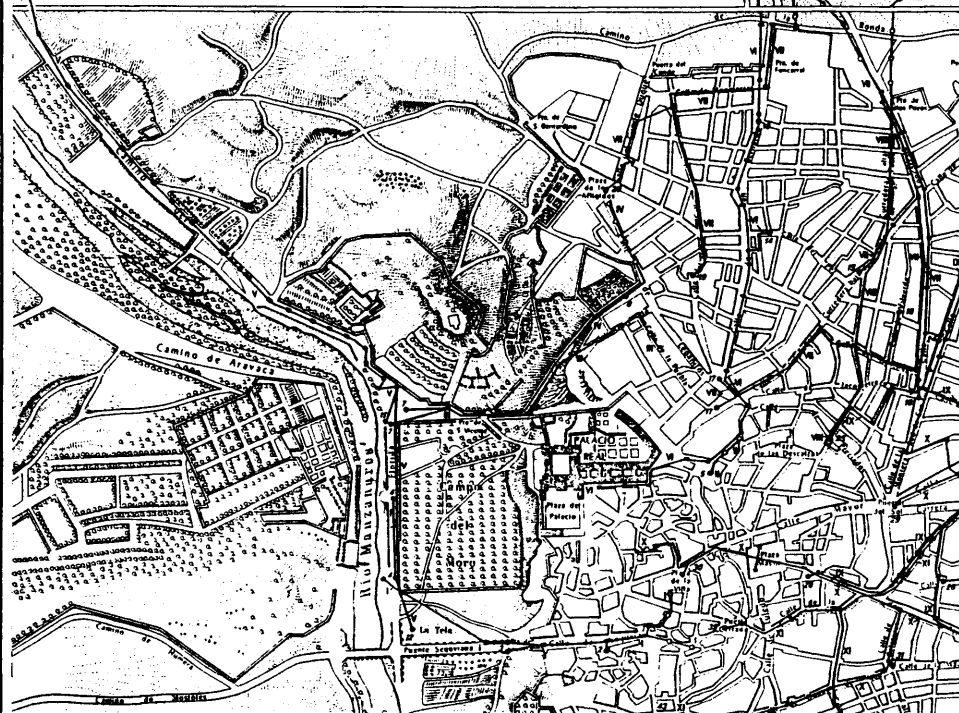
- XI Viage de Bajo Abroñigal  
33 Fuente de la Vanta del Espirito Santo  
34 Fuentes de los Recoletos  
35 Fuente del Plon de la Calle de Alcalá  
36 Fuente de Santa Isabel  
37 Fuente de Ave Maria  
38 Fuente de Lavapies  
39 Fuente de la Puente Corrada  
40 Fuente de la Calle de los Cabestreros  
41 Fuente de la Calle de Embajadores  
42 Fuente del Camillo del Rastro  
43 Fuente del Humilladero  
44 Fuente de la Calle del Rosano  
45 Fuente de la Calle de Toledo  
46 Fuente de la Plaza de Armas  
47 Fuentes fuera de la Puente de Toledo

- XII Viage de Buen Suceso  
48 Fuentes del Prado de Recoletos

- XIII Viage del Berro  
49 Fuente del Berro

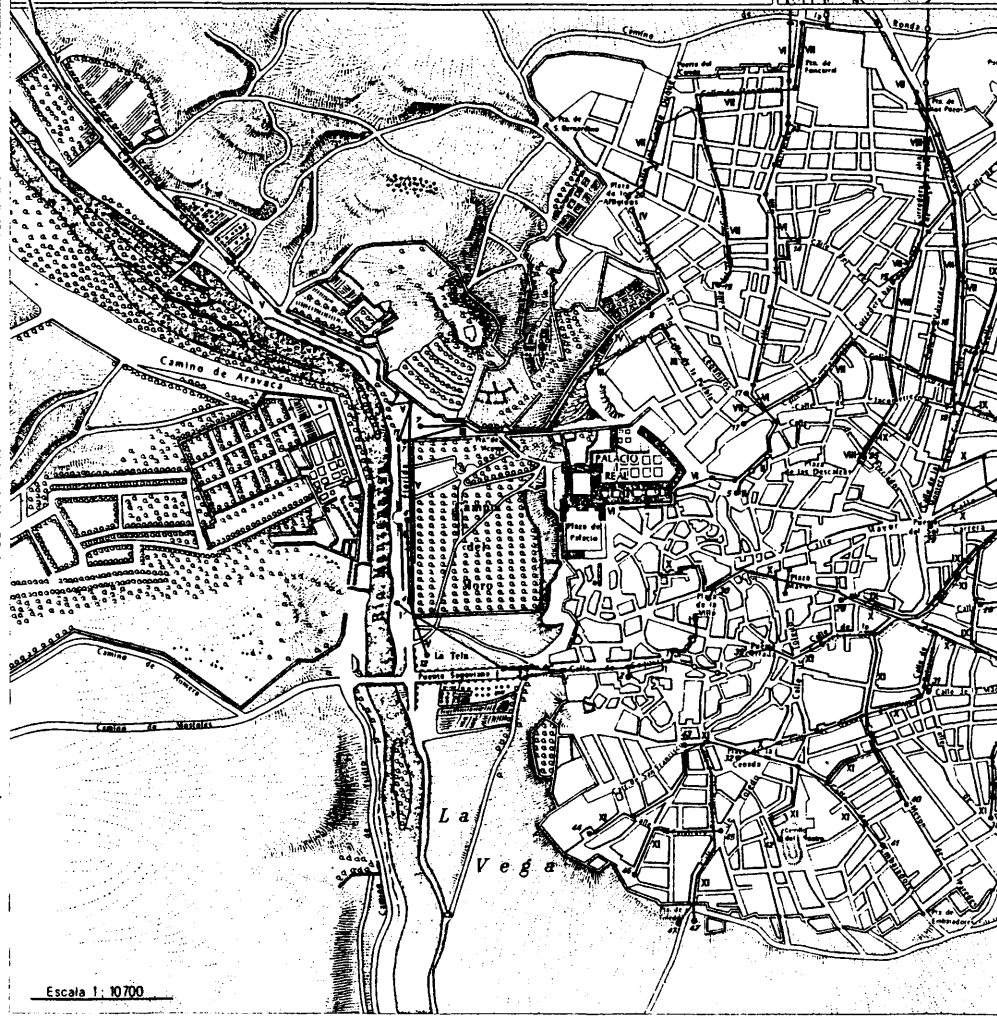
- XIV Viage de Atocha

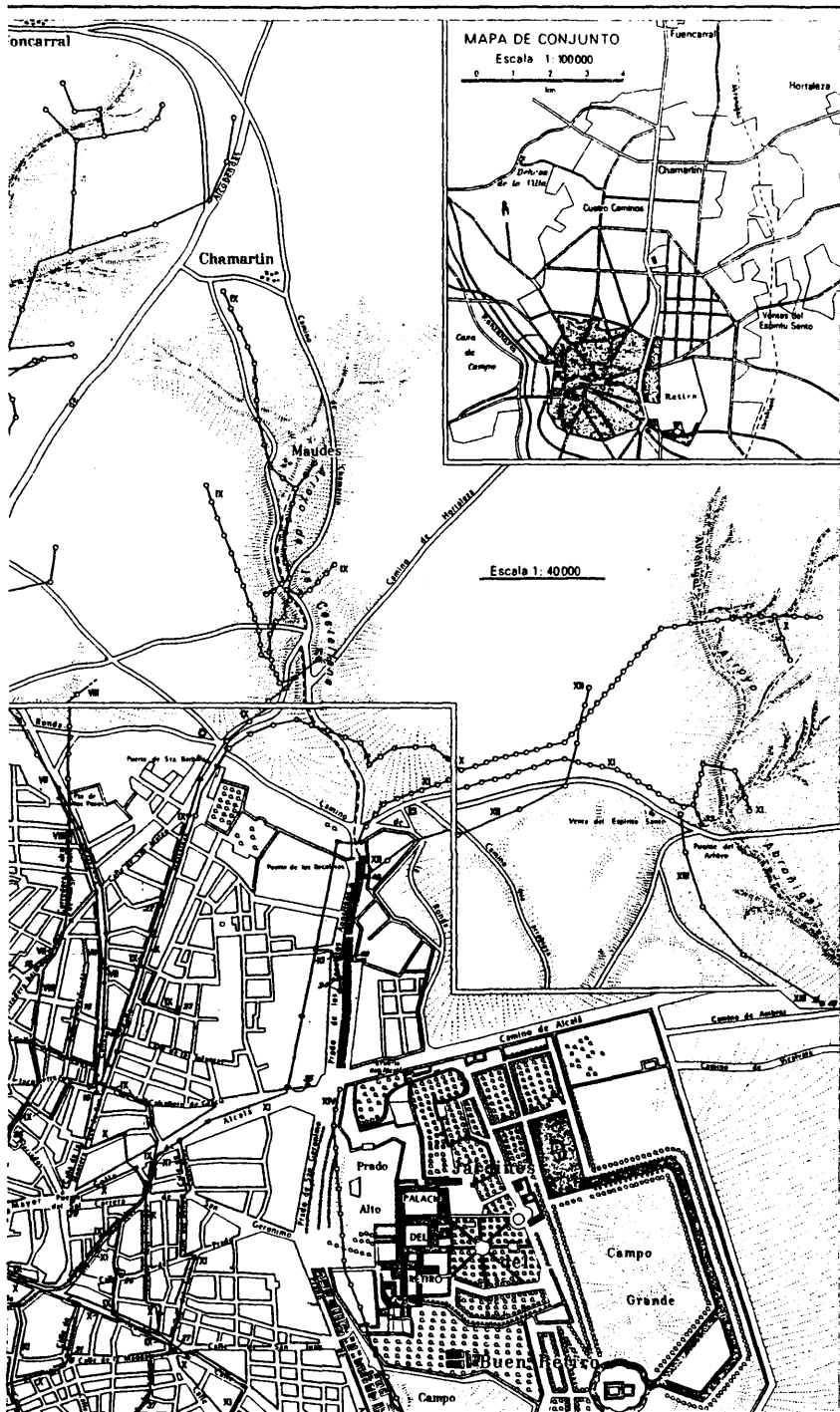
Fuente: Según un original inédito del Archivo de Palacio de Madrid.  
Completado y modificado por C. Braun, en colaboración con Juan José Sanz Donaire.

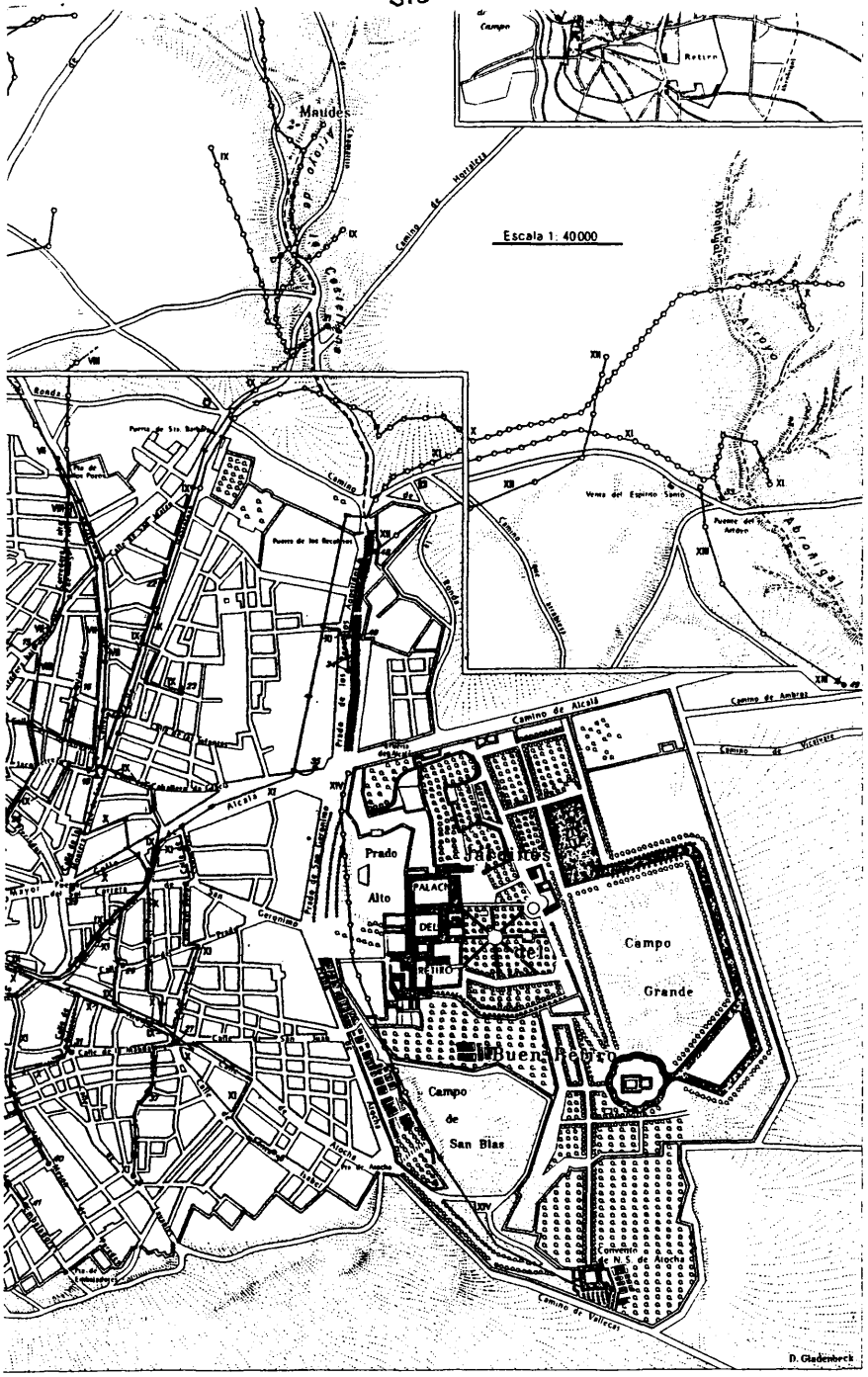


- |  |                                    |  |
|--|------------------------------------|--|
| III Viage de la Calle del Rio                    | VIII Viage de las Descalzas Reales | 40 Fuente de la Calle de los Jacastreros |
| 6 Fuente a la Casilla de Peste                   | IX Viage de la Castellana          | 41 Fuente de la Calle de Embajadores     |
| 7 Fuentes de la Plonda                           | 21 Fuente de la Castellana         | 42 Fuente del Cerillo del Resto          |
| IV Viage de los Caños de Leganitos               | 22 Fuente de los Galapagos         | 43 Fuente del Humilladero                |
| 8 Fuente del Palo                                | 23 Fuente del Soldado              | 44 Fuente de la Calle del Rosano         |
| 9 Fuente debajo del Presil de Da. Mena de Aragon | 24 Fuente de la Calle de Hortaleza | 45 Fuente de la Calle de Toledo          |
| V Viage de la Fuente de la Salud                 | 25 Fuente de Capellanias           | 46 Fuente de la Plaza de Armas           |
| 10 Fuente de las Damas                           | 26 Fuente de Santa Ana             | 47 Fuentes fuera de la Puerta de Toledo  |
| 11 Fuente de la Plonda                           | 27 Fuente de Anton Martin          | XII Viage de Buen Suceso                 |
| 12 Fuente de la Tela                             | 28 Fuente de Santa Cruz            | 48 Fuentes del Prado de Recoletos        |
| VI Viage de Arsenial                             | X Viage de Alto Abroñigal          | XIII Viage del Berro                     |
| 13 Fuente de Matelobos                           | 29 Fuente de la Manblanca          | 49 Fuente del Berro                      |
| 14 Fuente del Curo                               | 30 Fuente de San Salvador          | XIV Viage de Atocha                      |
|  | 31 Fuente de los Relatores         |  |
|  | 32 Fuente de la Plaza de la Cebada |  |

Fuente: Según un original inédito del Archivo de Palacio de Madrid.  
 Completado y modificado por C. Braun, en colaboración con Juan José Sanz Donaire.







Años	Habitantes	consumo m <sup>3</sup> /día	dotación l/hab. día
1.797	166.607		9,6-10,9
1.798		1.600	
1.800		2.170	
1.815		1.120	
1.816		1.250	
1.817		1.125	
1.818		1.110	
1.819		1.080	
1.820		1.120	
1.821		1.140	
1.823		1.050	
1.824		790	
1.828		880	
1.829		870	
1.831		750	
1.833	166.595	750	4,5-6,3
1.837		1.050	
1.840	199.875		5,2-6,2
1.844		1.251	
1.850	233.439	2.100	9

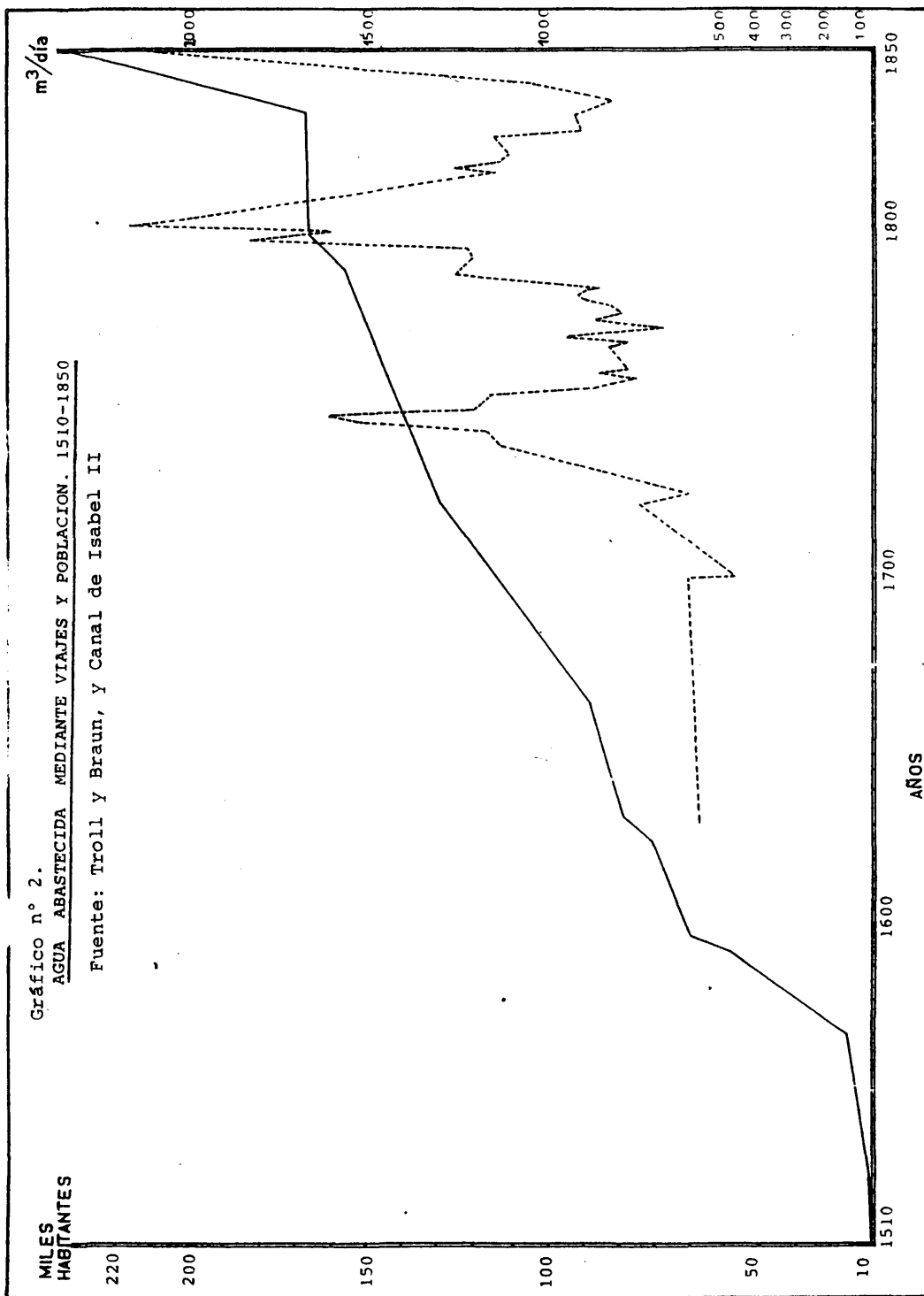
Los consumos son aproximados, ya que faltan viajes particulares y otros viajes de tipo público.

Fuente: Troll, C. y Braun, C.: Op. cit.

Canal de Isabel II. Memoria, 1.950.

Gráfico n° 2.  
 AGUA ABASTECIDA MEDIANTE VIAJES Y POBLACION. 1510-1850

Fuente: Troll y Braun, y Canal de Isabel II





Entre la fecha de la capitalidad de Felipe II y la construcción del Canal el consumo de agua estaba condicionado a los aportes de los viajes, y estos seguían un proceso de lento ascenso con unas puntas extraordinarias por su cantidad, pero en una tónica general de estancamiento, dependiendo de las variables climáticas .

Las dotaciones aproximadas, mas que esto orientativas, oscilaban de forma anárquica, y se pasó de tener agua en abundancia, hecho al que hacen referencia los clásicos, a ir descendiendo su valor con el aluvión de emigrantes que atrajo la capitalidad. Se produce un ascenso como consecuencia de las mejoras que en la red de captación realizó Felipe II para volver a descender de nuevo hasta que Fernando VI y Carlos III realizan reformas y ampliaciones, este último, preocupado por hacer de Madrid una ciudad habitable. Con la guerra de la Independencia y el descuido y abandono de las galerías de captación descienden las aportaciones nuevamente durante todo el siglo XIX hasta que a mediados de siglo el aumento de la población y el progreso general hizo que se rompieran las dos cadenas que atenazaban Madrid, la cerca fiscal y los viajes de agua, sustituidos por el Ensanche y el Canal de Lozoya. De alguna forma el factor fundamental del desarrollo interno de la ciudad fue el abastecimiento de agua por un sistema racional, mientras que de los factores externos el más importante para el desarrollo madrileño es el ferrocarril. (14).

He realizado una aproximación, basada en los datos de otros autores que han estudiado el abastecimiento de agua a Madrid por medio de viajes, para ver cual era el panorama del consumo de agua hacia mediados del siglo XIX. (cuadro 3). El resultado de esta visión es el siguiente; había 14 viajes de aguas finas para consumo humano, de los que los cuatro primeros eran los mas constantes; Castellana, Alto Abroñigal, Bajo Abroñigal y Alcubilla. (Mapa 1). Los siete viajes de aguas gordas servían

## ABASTECIMIENTO DE AGUA A MADRID HACIA 1.850

Viajes	Fecha de construcción o ampliación(año)	Consumo máximo posible m <sup>3</sup> /año	Consumo real m <sup>3</sup> /año	Consumo domiciliario mínimo posible m <sup>3</sup> /año
<u>Aguas finas</u>				
Castellana	1.621	103.996	24.872	24.872
Alto Abroñigal	musulmán-1.550-1.614			
	1.619-1.623	106.634	66.324	66.324
Bajo Abroñigal	musulmán 1.561-1.619			
	1.623	412.155	156.336	156.336
Alcubilla	musulmán 1.399-1.599			
	1.688-1.722-1.727	123.123	47.374	47.374
Butarque	-	9.455	9.455	9.455
Contreras	-	7.106	7.106	7.106
Amaniel	musulmán 1.614	36.135	36.135	36.135
Fuente de la Salud }		35.532	35.532	35.532
Fuente de la Reina }		212.100	212.100	212.100
Alto Retiro	1.851	90.337,5	90.337,5	90.337,5
Bajo Retiro	1.815	13.936	13.936	13.936
Conde Salinas	1.628	3.760	3.760	3.760
Retamar	-	14.791	14.791	14.791
Berro	-	-	-	-
Moncloa y	1.550	-	-	-
Fuente del Cura Descalzas/Reales				
<u>Aguas gordas</u>				
Pajaritos	-	1.314	1.314	-
Caños Viejos	-	132.652	132.652	-
Prado o Buen Suceso	-	-	-	-
Prado Nuevo o Atocha	-	-	-	-
Caños de Leganitos	1.618	-	-	-
Caños del Peral	-	-	-	-
San Dámaso	1.819	-	-	-
TOTAL		1.303.026,5	852.024,5	578.673,6
				704.122,5

CUADRO N° 3. (CONTINUACIÓN)

	Consumo máximo posible m <sup>3</sup> /año	Consumo real m <sup>3</sup> /año	Consumo domiciliario mínimo posible m <sup>3</sup> /año
Total	1.303.026,5	852.024,5	578.673-704.122,5
Habitantes	233.439	233.439	233.439
Dotación			
1/hab.día	15,3	10	6,7-8,2
Posibilidad máxima de transporte por medio de aguadores	2.150 m <sup>3</sup> /día, para dar de 9 a 10,75 l./hab. y día de dotación total.		

Suponemos que los datos de consumo se mantuviesen constantes, hecho que no sucede. Pero es una aproximación útil y expresiva.

Fuentes: Solesio de la Presa, M.T.: Antiguos viajes de agua de Madrid. I.E. Torroja.

C.S.I.C. Madrid, 1.975.

Troll, C., Braun, C.: "El abastecimiento de agua a la ciudad por medio de Qana-tes a lo largo de la historia". Geographica, I.G.A. C.S.I.C. Madrid, 1.974.  
Canal de Isabel II. Memoria 1.950.

Oliver Asín, J.: "Historia del Nombre de Madrid." C.S.I.C. Madrid, 1.959

Cuadro n° 3. cont.

Aunque según otra fuente\* los antiguos viajes conducen:

Viaje del Bajo Abroñigal:	35	fuentes suministra	1.129.995	l./día
" de la Reina	14	"	581.097	"
" de la Alcubilla	12	"	337.326	"
" del Alto Abroñigal	6	"	292.149	"
" de la Castellana	3	"	284.922	"
" del Alto Retiro	9	"	247.500	"
" del Retamar	3	"	40.524	"
" del Bajo Retiro	2	"	38.181	"
" de San Dámaso	1	"	25.905	"
" de Amanuel	2	"	10.956	"
" del Conde de Salinas	1	"	10.164	"
" de Pajaritos, destinadas a rillas, por ser demasiado gordas		lavado de alcanta	3.600	"

Total	3.002.318	l./día
Total	1.095.846,07	m <sup>3</sup> /año

El total de m<sup>3</sup>/año coincide perfectamente con un valor intermedio entre el consumo máximo y medio de las páginas anteriores.

\* La fuente citada es: Jalvo , Mauricio: Saneamiento y Regularización del río Manzanares en Madrid. Librería Guttenberg. Madrid, 1.906. Págs. 140-141.

En el texto original aparece el viaje de Alastilla que no es mas que una errata de imprenta y supongo que será el viaje de Alcubilla).

fundamentalmente para consumo animal, industrial y doméstico. Alguno de ellos, como el del Berro era utilizado también para consumo humano y animal, como cita Díaz Cañabate (16) y ha permanecido en "uso hasta hace unos años" un abrevadero cercano al puente de Ventas así como la propia fuente del Berro clausurada por motivos de insalubridad hacia el año 70 con gran descontento popular. En esta aproximación, se puede apreciar como el consumo de agua era muy escaso, con un máximo de dotación posible "en cuanto a consumo domiciliario de 15,3 l./habitante y día, mientras que el mínimo estaría en torno a los seis litros, cifra a todas luces insuficiente si se tiene en cuenta que el mínimo de agua que fisiológicamente consume una persona es de 2 litros, de modo que para el resto de los usos tenían un máximo de cuatro litros en épocas de escasez. Si además, suponemos que son datos medios podemos aventurar que un gran número de madrileños sólo utilizaban el agua para cocinar y beber, es decir, los menos de cinco litros por habitante y día de los que hablé como posibilidad anteriormente. Si a estos hechos se une el detalle de la estacionalidad, y la irregularidad de los aportes hídricos, que suponen un menor aporte de caudales por parte de los viajes en verano y en los años secos, tendrán mas sentido las quejas constantes acerca de la escasez de agua que reflejan los diarios madrileños de la época. El panorama no era nada alentador, ya que las posibilidades de los nuevos viajes estaban agotadas cuando se realizó el de la fuente de la Reina por el ingeniero Ferraz, ampliando el de la Salud. Y además la presión demográfica obligaba de alguna forma a la construcción de un nuevo sistema de abastecimiento de agua. El techo de aportación de agua de los viajes era de  $3.570 \text{ m}^3/\text{día}$ , cantidad insuficiente para una ciudad de 200.000 habitantes, pero hay que tener en cuenta además que los aguadores tenían una capacidad de transporte por medio de cubas muy limitada, del orden de los  $2.150 \text{ m}^3/\text{día}$ . Por otro lado aunque el agua del subsuelo era bastante pura el sistema de transporte y almacenamiento en tinajas o cubas era higiénicamente inadecuado.

Todo esto movió a los políticos moderados a una empresa ardua, llena de dificultades y acremente criticada por los progresistas, en especial por Fernández de los Ríos, como fue la creación del Canal de Isabel II, con el que se ha ido resolviendo el problema del agua y el del crecimiento de la población hasta nuestros días. Dentro de este contexto Caro Baroja dice (17): "las luchas por el poder durante el reinado de Isabel II están cargadas de sentido económico. Los progresistas, los tenidos por revolucionarios, acusaron a los conservadores de corrupción, de especulaciones escandalosas; muchas de ellas en torno a Madrid y a las mejoras de su estructura como capital, de suerte que un progresista clásico como D. Angel Fernández de los Ríos consideraba el ingenio de Salamanca al que alude Galdós, como objeto de escándalo... El mismo Bravo Murillo, al que muchos han considerado después como hacendista y aún economista insigne no fue mas que un ilustre embrollón".

Palacio Atard ha estudiado el esfuerzo que representa el Canal para la época de mediados de siglo y cómo la visión de los moderados, aún con todos los defectos que trajo la especulación que provocaron, fue bastante importante para sentar las bases del desarrollo madrileño de una posible industrialización, y en última instancia para hacer de la ciudad un lugar habitable. Además relacionó este hecho con la pacificación del país, con el auge económico, los ferrocarriles, etc.

Fernández de los Ríos (17) aunque por un lado ataca los considerables gastos que ha ocasionado la construcción del Canal, cuando afirma que un celo exagerado por la grandeza de la empresa del Canal de Isabel II y por las ventajas que la misma había de proporcionar a Madrid, impulsó al Ayuntamiento en 1.851 a suscribirse por dieciseis millones de reales, creando problemas con el crédito futuro de la ciudad, por otro pondera la excelencia de las aguas que llegan por este medio y alaba las bondades del sistema de libre empresa como único para la realización de obras de interés general.

Comparando la situación de escasez precedente con la de abundancia de unos años después de la creación del Canal, es indispensable recordar las apreciaciones de Fernández de los Ríos que en 1.868 afirmaba: " El Canal de Lozoya fue proyectado con capacidad suficiente para conducir hasta 72.000 reales fontaneros,  $233.628 \text{ m}^3/\text{día}$  ó un consumo anual de  $85 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , de los que 8.000 reales,  $25.958,6 \text{ m}^3/\text{día}$ ,  $9,4 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , eran destinados al abastecimiento interior y el resto al riego de los campos en una extensión de 6.000 fanegas de tierra." Y prosigue: "Todo el mundo recuerda el júbilo que produjo la inauguración de las obras de 1.851 y el de 1.857 al ver el agua en San Bernardo. Pero al poco tiempo se recuerda con dolor que este caudal, de quien se esperaba la salud, el recreo, la policía y la riqueza había huído por grietas... Las considerables filtraciones del Pontón de la Oliva hacían inútil por entonces el pensar en el riego de los campos de Madrid, puesto que en algunos años el Lozoya no proporcionaba en el estío mas agua que la necesaria para el surtido interior. Era preciso extinguir aquellas filtraciones. En este trabajo se han consumido seis años, las obras de traída de aguas, cuya duración se había calculado en cinco y su coste en ochenta millones de reales han consumido dieciseis años y doscientos millones; pero el día 8 de octubre de 1.865, las difíciles operaciones a que nos referimos están terminadas y el gran "pantano" del Pontón de la Oliva se mantenía constantemente lleno, formando un lago de 6 Km. de longitud, con anchura en algunos puntos de mas de 200 m. y con un volumen de agua de mas de tres millones de metros cúbicos, con los cuales pueden regarse mil Has. en los dos meses que escasean las aguas del Lozoya." La situación ha cambiado de forma radical y se torna optimista. Los periódicos de la época dejan ya de clamar por el agua y dan noticias constantes de la instalación de cañerías por Madrid y desde el año 1.853 desaparece el problema de la escasez. El viaje de la Fuente de la Reina y las obras del Canal son las que acaparan la mayor parte de las noticias de los periódicos.

Antes de la construcción del Canal existía una presión psicológica sobre el agua, que estaba apoyada en el hecho real de la escasez, después la esperanza hace callar las voces de los sedientos y por último la llegada del agua entre el júbilo de la población, hace que esta olvide los problemas anteriores y se consagre en seguir las obras de instalación de cañerías y en preparar y adecuar las viviendas. Como dato anecdótico, una noticia recogida por Agulló Cobo, del periódico "La Esperanza", uno de cuyos redactores escribía el 26 de junio de 1.863: "en muchas casas de Madrid se ha introducido el agua de Lozoya, elevándola hasta los pisos mas altos, esto, que representa una gran ventaja tiene también sus inconvenientes porque ya ha ocurrido mas de una vez que habiendo quedado por descuido abierta la llave del recipiente toda la noche se ha inundado el piso de la habitación, para evitar esto es mejor que se establezca una sola fuente en el patio o zagüán de la que se surtan todos los vecinos." Esta noticia, que resulta peregrina y chocante, da idea de la mentalidad de los ciudadanos de Madrid, ante el hecho tan normal hoy día, del agua corriente en los edificios particulares.

Fernández de los Ríos, que era un futurista incansable, en 1.868 dice que las dotaciones específicas con las que debe contar Madrid debían ser:

	<u>Litros/hab.día</u>
<u>Necesidades privadas</u>	<u>50</u>
Riego de vía pública	10
Fuentes monumentales	20
Limpia y alcantarilla	4
Extinción de incendios y de mas con	
sumos eventuales imprevistos	6
<u>Total necesidades públicas</u>	<u>40</u>
Dotación total	90

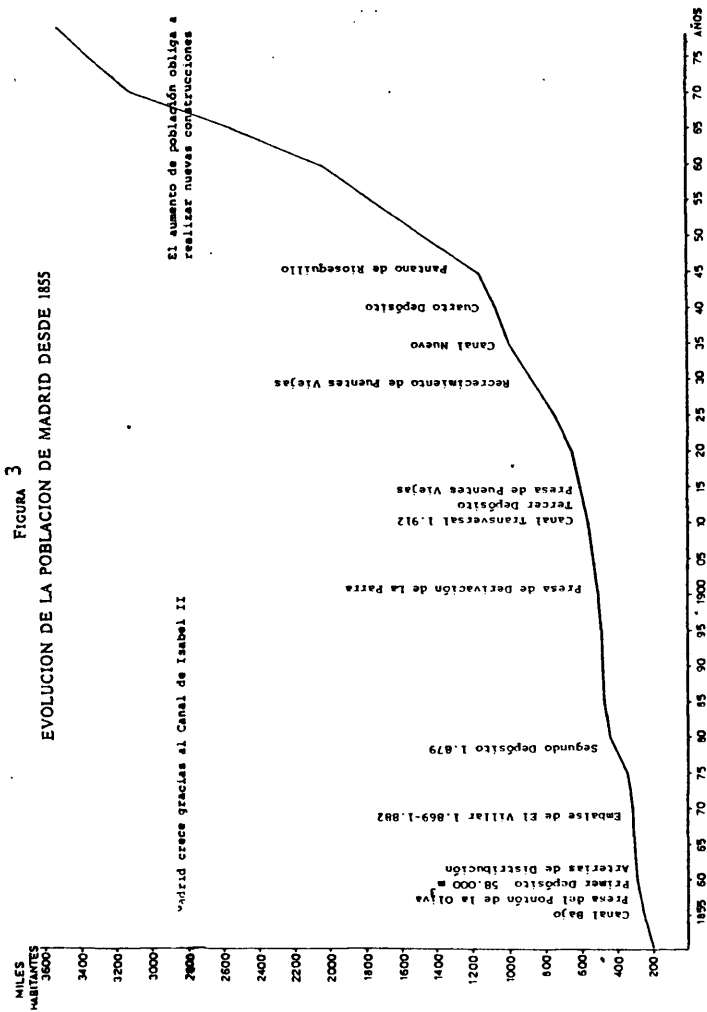
Esto suponía  $22.500 \text{ m}^3/\text{día}$  para una población de 250.000 habitantes. París en aquella época ya tenía proyectado



180 l./hab. y día para dos millones de habitantes. La población pasa de tener 10 l. hab. y día, incluidas las sequías veraniegas, a otra situación radicalmente distinta, en la que el Canal posibilitaba en 1.875 una dotación de 75 l./hab. y día y un consumo anual de  $45.000 \text{ m}^3/\text{día}$  doble del propuesto por Fernández de los Ríos para una población que tenía ya casi 400.000 habitantes. El salto dado fue espectacular. Entre los oficios que el Canal hizo desaparecer el mas importante fue el de los aguadores. Los periódicos de la época, van dando noticias en los primeros años de construcción de la red de distribución interna, del traslado de los aguadores a zonas cada vez mas reducidas, y lo que era una institución fundamental en la vida madrileña, recogido en muchos grabados de época, quedó limitado y fue desapareciendo de forma lenta en el último tercio del siglo pasado. Sin embargo, la memoria de su oficio no desapareció completamente, todavía hace unos años se podían ver en las plazas de toros personas con recipientes que vendían agua a los aficionados sedientos. Incluso en la zonas mas marginales se ha mantenido este oficio hasta hace muy pocos años.

El impacto del agua corriente en la población madrileña fue muy importante, y hace que las críticas de los progresistas vistas con la perspectiva que da el tiempo no tengan sentido a nivel general, aunque estén hechas en un momento en que la especulación era brutal, hecho que es propio de un sistema liberal clásico, y en un momento en el que la situación económica era de profunda crisis. Sobre todo si se compara el crecimiento de la dotación, el consumo y la población de antes de la creación del Canal con el incremento que cada una de estas variables ha tenido después de 1.850.

La población pasa de tener un lento crecimiento con una estabilización en torno a 250.000 habitantes a cuatro millones en un siglo y cuarto. La dotación específica pasa de 10 l./hab. y día a 300, y el consumo de un máximo de  $1,5 \text{ Hm}^3/\text{año}$  a casi  $450 \text{ Hm}^3/\text{año}$ .



Existen otros factores que han posibilitado el crecimiento de Madrid de forma importante en este período, aún con todo, uno de los más decisivos ha sido la creación del Canal de Isabel II y sus infraestructuras que han ido aumentando paralelos a la población, sin las puntas anteriores propias del Antiguo Régimen, unas veces anticipándose, y otras, en período críticos con retrasos que se analizarán en otro apartado. Este paralelismo se puede ver claramente en el gráfico nº3.

Al contrario de lo que sucedía en el Antiguo Régimen donde la población crecía lentamente mientras que el consumo fluctuaba con unos valores punta máximos y mínimos, bastante exagerados y distantes, con oscilaciones muy fuertes, la situación de después es totalmente regular. La población crece paralela siempre al consumo, y éste no tiene oscilaciones de consideración, a lo sumo, períodos pequeños de restricciones, descensos de la dotación, o hechos excepcionales como la guerra civil y la postguerra. Estos hechos se pueden ver en el cuadro nº4 y gráfico nº4 (19). En los que he plasmado, de forma en algunos años aproximada, ya que las fechas van de cinco en cinco años y los datos de población no corresponden exactamente con las fechas, el crecimiento de cada uno de los valores; de la población abastecida, de la dotación específica, del consumo anual y del incremento de la capacidad de los embalses, todo ello para dar una visión de conjunto

de este crecimiento. Los beneficios de la construcción del Canal han sido infinitamente mayores a largo plazo que los problemas que causó la financiación, han dado un fruto extraordinario, y las críticas progresistas parecen desafortunadas, miopes y excesivamente parciales, puesto que Ferrández de los Ríos veía una inversión extraordinaria y diez años de trabajo mas de los proyectados, incluso una localización inadecuada de la presa del Pontón, pero no veía los beneficios que a largo plazo ha producido el Canal, con un efecto multiplicador impresionante ya en la época de construcción.

CUADRO 4

Años	Habitantes	Dotación l/hab. y día	Consumo m <sup>3</sup> /año	Incremento de la capacidad de los embalses Hm <sup>3</sup>
1850	223.439	10	—	—
1855	257.895	10 + 7	460.000	3
1860	260.000	29	2.700.000	—
1865	280.000	42	4.240.000	—
1870	298.000	59	6.360.000	—
1875	397.000	74	16.550.000	—
1880	—	—	—	24
1885	470.000	109	18.900.000	—
1890	485.000	121	21.400.000	—
1895	530.000	117	22.600.000	—
1900	539.825	131	25.500.000	—
1905	570.000	140	29.400.000	—
1910	599.807	171	37.400.000	—
1915	628.971	205	47.900.000	—
1920	608.793	222	49.240.524	—
1925	799.894	234	68.385.000	45
1930	896.511	270	88.299.125	—
1935	1.035.000	266	98.458.987	74,4
1940	1.096.500	257	101.861.940	—
1945	1.190.831	252	95.135.000	—
1950	1.493.000	203	110.818.000	130,4
1955	1.843.700	225	151.734.000	180,4
1960	2.309.950	257	216.305.000	—
1965	2.879.510	264	277.204.000	217,9
1970	3.441.000	297	373.551.000	259,1
1975	3.849.500	309	433.863.000	359,1
1977	3.970.000	297	429.699.000	450,2
1978	—	—	—	876,2
1979	—	—	—	1.000,7

FUENTES: Canal de Isabel II, *Memorias*, 1950, 1970, 1971, 1974 y 1977.*Información Técnica*, 1978.

Elaboración propia.

Algunos datos de consumo no son los que les corresponden al año en el que están situados. Los volúmenes embalsados varían entre 300 y 700 Hm<sup>3</sup>.

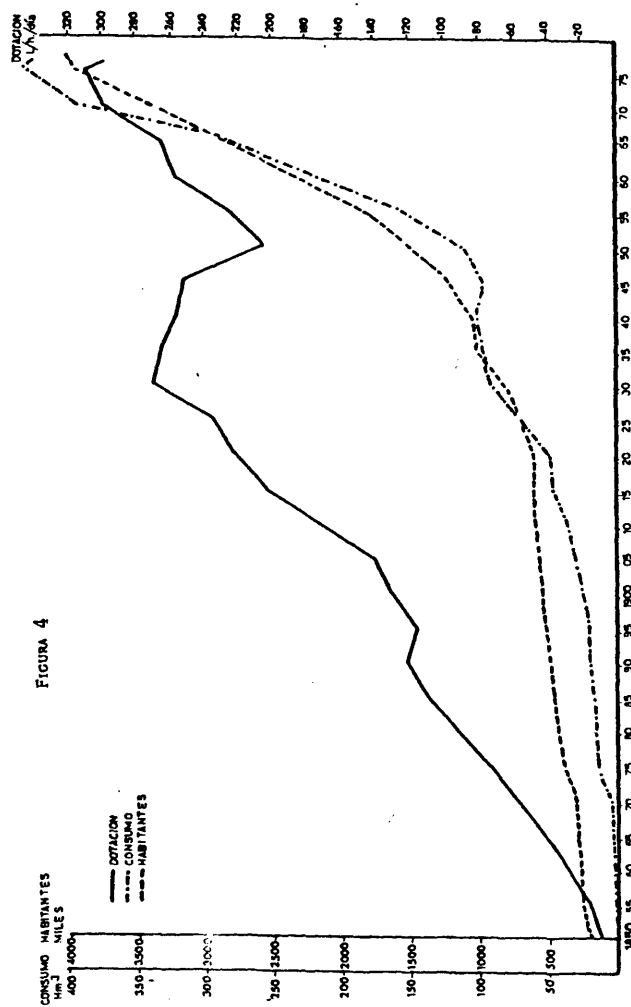


FIGURA 4

Por ejemplo, la hectárea de suelo cercano a Madrid en la puerta de Bilbao válía, según el propio Fernández de los Ríos, valía tres mil reales antes del Canal, por ser una zona elevada del nivel por donde discurrían los viajes, En 1.868 la misma hectárea costaba 400.000 reales, el valor del suelo subió en 10 años 133 veces más o un 13.333% por ciento, un aumento increíblemente espectacular. Sin duda, vuelvo a repetir, que intervinieron otros factores, el ferrocarril, el derribo de la cerca, la inmigración, las mejoras de la sanidad y de alimentación, etc. Pero no cabe duda que el Canal fue una espoleta que ha posibilitado el crecimiento de forma fundamental. Incluso la época en que se construyó, según Voltes Bou (20) coincide con un crecimiento general de la economía española.

Durante los primeros 50 años, la población se duplica, la dotación se multiplica por 10, y el consumo por 36. Y todo esto, ~~pesa~~ que desde 1.870-98 hay un período general de crisis. Por último la capacidad de los embalses aumenta ocho veces.

En la curva de la dotación es donde se aprecian de forma clara las crisis que han afectado a la realidad española, la primera que aparece es la del 98 que coincide con una crisis económica general. La segunda inflexión de la curva está referida a una crisis mundial que es la de 1.929, y que se prolonga con unos mínimos fortísimos en los años 40, y por último la crisis del petróleo que nos afecta en la actualidad.

La población ha crecido en el último siglo y cuarto siguiendo prácticamente una curva exponencial (21), Sanz García, el primer geógrafo madrileño que calcula la función exponencial de la curva de crecimiento de Madrid, indica en 1.955, que la población de la capital aumenta en algo más de su cuarta parte cada 10 años y expresa el crecimiento de ella con la fórmula:

$$y = 558.022 \cdot 1,2598264^x$$

En esta función exponencial "y" es la población, "x" el tiempo, expresado en decenas. Además tomando como origen o valor 0 (cero) el año 1.900 calcula para el futuro Madrid los siguientes valores:

1.960.....	2.231.087
1.970 .....	2.810.722
1.980 .....	3.541.115
1.990 .....	4.461.181
2.000 .....	5.620.321

Se puede apreciar el desfase existente entre estos datos y la realidad actual, pero es una aproximación útil que nos indica que el valor de la exponencial ha sido incluso mayor que el propuesto por Sanz García. El consumo sigue un desarrollo paralelo a la población. Es evidente, que existe una correlación lineal positiva entre el incremento de la población de Madrid y el aumento del consumo de agua que he calculado:

$$y = -31,24 + 0,11x$$

en el que y es el consumo en Hms<sup>3</sup>/año y x los habitantes en miles, con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,99$ . (gráfico 5). Este ajuste ha sido realizado con datos de cinco en cinco años, algunos de ellos aproximados desde la creación del Canal. La diferencia con el sistema de abastecimiento por medio de viajes es evidente, la relación <sup>población-</sup>consumo se aproxima de forma total a una recta mientras que <sup>en</sup> el sistema de viajes, si hubiera tratado de ajustar una recta, tendría unos valores residuales fortísimos, hecho que prueba la dependencia del medio que tenía dicho abastecimiento y la seguridad que proporciona el Canal de Isabel II con caudales crecientes y constantes. (Cuadro 5).

Para mayor precisión he realizado un nuevo ajuste con 70 datos, de cinco en cinco años hasta 1.920, y consecutivos desde 1.921, resultando la siguiente expresión: (Cuadro 6, gráfico 6)

$$y = -33,98 + 0,12x$$

con un  $R^2 = 0,98$ .

CUADRO N° 5.

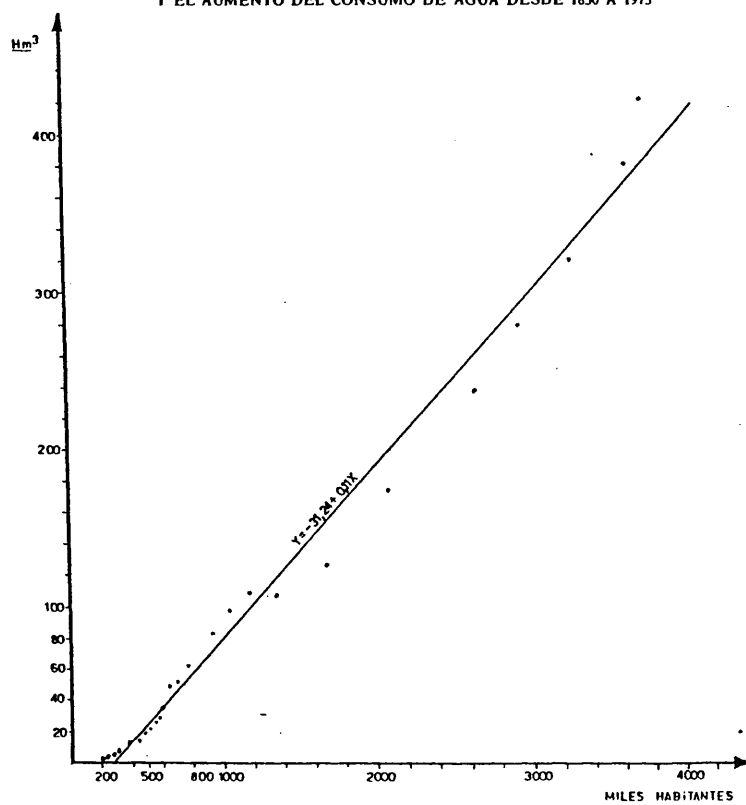
## CORRELACION ENTRE LOS DATOS DE POBLACION Y LOS DE CONSUMO

Años	Consumo $\text{Hm}^3$ "Y"	hab.en miles "X"
1.855	0,460	257
1.850	2,700	260
1.865	4,240	280
1.870	6,360	298
1.875	16,550	397
1.880	-	-
1.885	18,900	470
1.890	21,400	485
1.895	22,600	530
1.900	25,500	539
1.905	29,400	570
1.910	37,400	599
1.915	47,900	628
1.920	49,240	608
1.925	68,385	799
1.930	88,299	896
1.935	98,458	1.035
1.940	101,861	1.096
1.945	95,135	1.190
1.950	110,818	1.493
1.955	151,734	1.843
1.960	216,305	2.309
1.965	277,204	2.879
1.970	373,551	3.441
1.975	433,863	3.849

Fuente: Canal de Isabel II. Memorias. Los datos de población están referidos a toda la superficie abastecidas por el Canal de Isabel II.



FIGURA 5  
CORRELACION ENTRE EL INCREMENTO DE LA POBLACION DE MADRID  
Y EL AUMENTO DEL CONSUMO DE AGUA DESDE 1850 A 1975



CUADRO N° 6. CORRELACION ENTRE POBLACION E INCREMENTO DE  
CONSUMO DE AGUA PARA EL AREA ABASTECIDA POR  
EL CANAL DE ISABEL II.

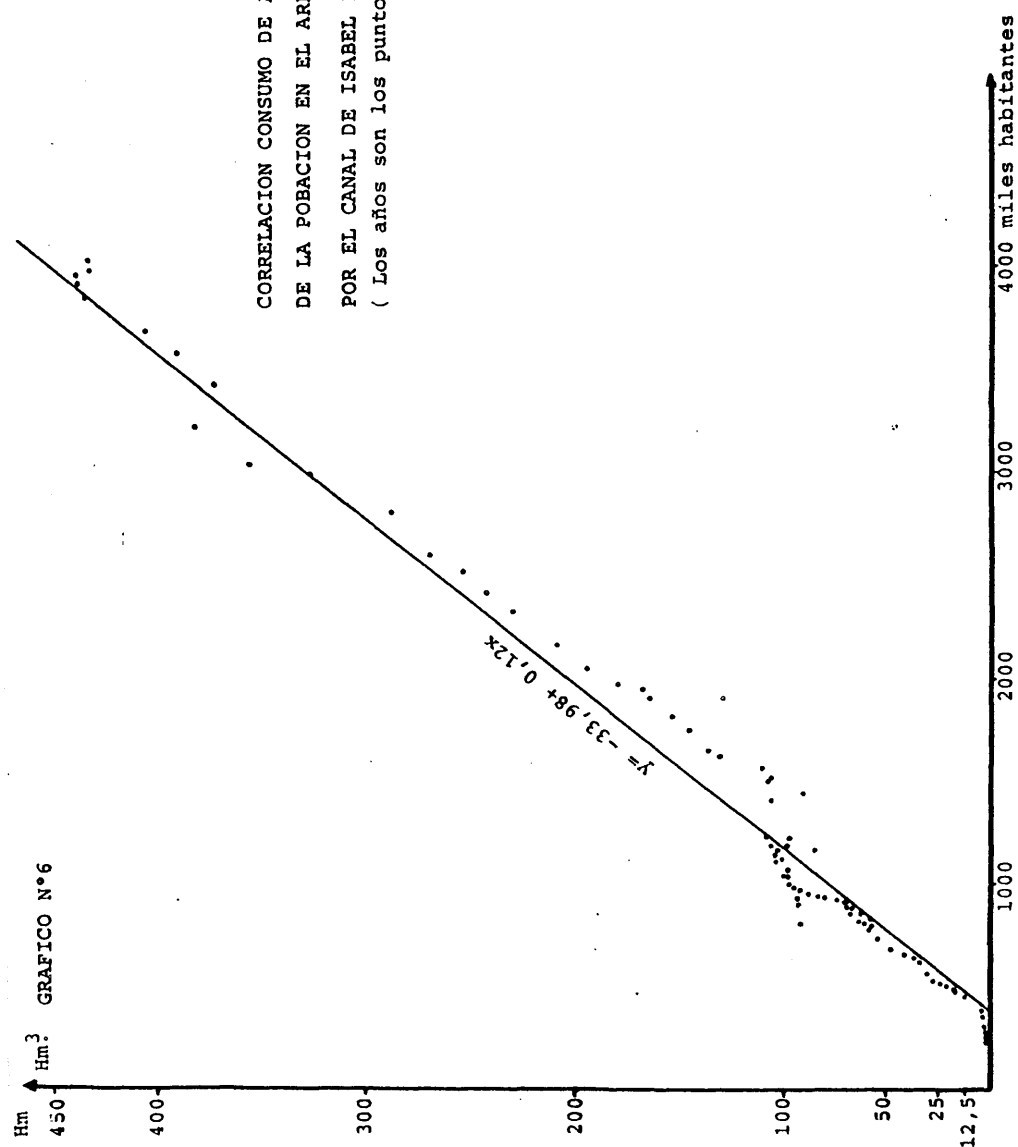
Años	hab. miles "x"	consumo Hms <sup>3</sup> /año "y"
1.858	240	0,460
1.860	260	2,700
1.862	269	3,620
1.866	280	4,240
1.870	298,426	6,360
1.871	310	6,880
1.877	397,816	16,550
1.887	470,283	18,900
1.890	485	21,400
1.898	530	22,600
1.900	539	25,500
1.901	545	27,000
1.905	570	29,400
1.910	599	37,400
1.915	628,971	47,900
1.920-21	608,793	49,240
1.921-22	-	54,846
1.922-23	813,991	65,266
1.923-24	783,216	66,092
1.924-25	-	64,288
1.925-26	799,894	68,385
1.926-27	808,366	72,650
1.927-28	816,928	72,136
1.928-29	825,471	72,800
1.929-30	834,103	80,062
1.930-31	834,103	80,062
1.931-32	896,511	88,299
1.932-33	962,556	88,355
1.933-34	991,436	89,134
1.934-35	1.015,0	95,760
1.935-36	1.015,0	98,458
1.936-37	942,700	85,723
1.937-38	759,1	84,962
1.938-39	1.037,9	94,514
1.939-40	1.075,0	129,566
1.940-41	1.096,5	101,861
1.941-42	1.115,8	105,251
1.942-43	1.123,4	103,630
1.943-44	1.137,0	110,644
1.944-45	1.167,3	99,887
1.945-46	1.190,8	95,135
1.946-47	1.251,4	115,673
1.947-48	1.408,5	113,470
1.948-49	1.429,5	76,560
1.949-50	1.493,0	110,818
1.950	1.493,0	110,818
1.951	1.618,4	119,184

Años	hab.miles "x"	consumo Hms <sup>3</sup> /año "y"
1.952	1.641,9	127,839
1.953	1.699,7	132,509
1.954	1.767,7	140,352
1.955	1.843,7	151,734
1.956	1.879,8	164,121
1.957	1.926,5	170,296
1.958	1.975,6	186,020
1.959	2.028,1	198,975
1.960	2.309,5	216,305
1.961	2.362,7	228,128
1.962	2.442,9	243,387
1.963	2.535,2	256,242
1.964	2.636,5	271,126
1.965	2.879,5	277,204
1.966	2.959,9	327,712
1.967	3.050,2	359,906
1.968	3.138,1	377,039
1.969	3.213,2	376,672
1.970	3.469,2	373,551
1.971	3.573,0	384,816
1.972	3.683,4	403,387
1.973	3.812,3	430,630
1.974	4.003,1	429,290
1.975	3.849,5	433,863
1.976	3.900,0	438,265
1.977	3.970,0	429,699

Fuente: Canal de Isabel II. Memoria 1.950-1.970-1.974-1.975-1.976-1.977.

Hm.  
450  
400  
300  
200  
100  
50  
25  
12,5

Hm.<sup>3</sup> GRAFICO N°6



Con estos ajustes quiere hacer ver la regularidad del abastecimiento posterior a la revolución industrial o a la implantación de un sistema evolucionado, y como a cada nivel de población madrileña le ha correspondido o ha necesitado un número aproximado de Hms<sup>3</sup> de agua proporcional, incluso sin tener en cuenta el aumento de dotación que por otro lado ha tenido una variación cuantitativamente menor que las variables incrementos de población o incremento de consumo. El utilizar la recta de regresión, es meramente una aproximación, sin más interés que el recalcar la diferencia entre la irregularidad del sistema de abastecimiento por medio de viajes y la constancia del sistema Canal de Isabel II, pensando que existe la creencia, en grandes números, que siempre a un aumento de población le sigue un aumento de consumo y tratando de expresar que este paralelismo no ha sido siempre tan cierto. Es mas, incluso en nuestra postguerra, y aún en la actualidad, el aluvión de inmigrantes llegados a las áreas marginales de Madrid, como Ventas, Pueblo Nuevo, etc, y en otras zonas como Orcasitas(22), se padecieron y padecen problemas de escasez de agua. Manzano hace una crónica bastante interesante para el caso de Orcasitas: "Las fuentes más cercanas se hallaban en las carreteras de Toledo y Andalucía. Para quien no tuviera pozo, la elección era ir allí o recurrir a unos aguadores que venían con burros y unas andas de madera y vendía a 1 pts. el cántaro cuando el jornal mínimo era de 36 pts. diarias. Después de los aguadores, entre los años 1.960 y 1.963 empezaron a venir tanques de agua del Ayuntamiento. El servicio no era periódico, ni fijo, ni capaz, a fuer de ser arcaico. Iban algunos días a determinadas horas. Por lo tanto coexistían con los subsodichos aguadores. El agua de los tanques ya era gratuita, pero esa alternativa provocaba tensiones en las "colas" que habían de formar los vecinos para cubrir tan primaria necesidad. Hacia el año 1.965 se instalaron fuentes públicas... En 1.959 llegó el alcantarillado al barrio y corría ya el año 1.970 cuando se consiguió un suministro regular de agua canalizada.

Todavía quedan en Madrid zonas en las que el abastecimiento se hace por medio de fuentes públicas, pero no sólo en el extrarradio, sino en áreas relativamente céntricas. Aunque lo normal es que aumente a medida que nos alejamos del centro. Por ejemplo en la Elipa, Muñoz (23) recoge una fotografía en torno a una fuente pública en el que aparece una señora lavando y la ropa tendida. Este hecho es todavía frecuente, las causas son variables: son zonas de casas bajas o chabolas, en las que habitan hoy sesenta mil madrileños, en régimen de alquiler, por lo que el inquilino, prefiere no pedir el alta de agua para que no le suban el alquiler, muy bajo. En Ventas en 1.970 había alquileres con precios de 25 pts. mensuales. O bien el núcleo de casas bajas y chabolas puede estar alejado de la red de abastecimiento y los costes para conseguir el alta sean elevados, etc. Lo mas corriente es que estos islotes tiendan a desaparecer en el continuo urbano, lentamente sustituidos por edificios de varias plantas. Pero por otro lado, a medida que se extiende la construcción, clandestina o no, en el extrarradio y en el área metropolitana aparecen los problemas de abastecimiento de agua por factores de dinámica urbana. Mientras que en las zonas que ya engloba la ciudad este hecho tiende a desaparecer. No obstante, y como veremos, persisten épocas en que el consumo tiene valores reales superiores a los de la distribución teórica que hemos ajustado con la recta de regresión, y otras ocasiones en que estos valores reales están por debajo de dicha distribución. Es decir, que a pesar de la regularidad del abastecimiento, los residuales de este tipo de ajustes son unas veces positivos y otras negativos, indicando una variabilidad que dependerá de la situación económica, de alguna crisis que nos haya afectado y posiblemente de las condiciones climáticas.

La dotación, aunque de forma menos perfecta se puede ajustar a una recta de regresión cuya expresión es:

$$y = -4.162,01 + 2,27x \quad \text{con un coeficiente de determinación } R^2 = 0,84.$$

siendo "y" el valor de la dotación en litros/hab. y día y "x" los años, (cuadro nº7, gráfico 7).

El progresivo aumento de la dotación en casi todo el período, 1.855-1.977 es otro valor que confirma la regularidad del sistema de abastecimiento actual comprado con los viajes. Esta regularidad se puede ver también en el gráfico 8, donde he relacionado de forma sencilla "cualitativa" el crecimiento de la población en los últimos años con el de infraestructura realizadas. También en él parece que los períodos en que los datos reales superan a los teóricos, referidos al crecimiento de la población, llevan aparejados un gran número de infraestructuras, es decir, que parece como si el exceso de crecimiento de población conllevara la ampliación de la red y de los sistemas de captación y presas.

El cambio de ciclo demográfico que ha provocado la revolución industrial ha sido muy importante y la influencia del Canal es indudable. Huetz de Lemp (24), en una obra básica para el estudio de Madrid analiza la situación demográfica: "Durante el siglo XIX el crecimiento natural es muy débil, incluso negativo y fue largamente compensado por la inmigración, este proceso iría asociado a la forma de abastecimiento antigua. En los primeros decenios del siglo XX, el crecimiento natural es aún muy débil: 14.711 personas, mientras que la inmigración aporta 196.710 en el mismo período. La mortalidad baja lentamente, pero al igual le sucede a la natalidad: esta última es entonces netamente inferior a la media de España. En varias ocasiones las muertes llegan a ser superiores a los nacimientos, en particular en 1.909 y en 1.918-19 con la famosa gripe. El período 1.921-30 es de prosperidad y paz: los nacimientos se estabilizan en torno al 24‰, mientras que la mortalidad continúa descendiendo, la separación entre las curvas (gráfico 9) llega a ser muy importante, y en el decenio 1.921-30 el crecimiento natural alcanza la cifra de 46.143. El decenio siguiente es mucho menos favorable: el crecimiento

CUADRO N° 7. AUMENTO DE LA DOTACION

Años	dotación l./hab.día	Años	dotación l./hab.día
1.855	10	1.952	213
1.858	17	1.953	213
1.860	29	1.954	217
1.862	37	1.955	225
1.866	42	1.956	239
1.870	59	1.957	242
1.871	61	1.958	257
1.877	74	1.959	268
1.887	109	1.960	256
1.890	121	1.961	265
1.898	117	1.962	273
1.900	131	1.963	277
1.901	136	1.964	282
1.905	140	1.965	264
1.910	171	1.966	303
1.915	205	1.967	323
1.920-21	222	1.968	329
1.921-22	247	1.969	321
1.922-23	220	1.970	295
1.923-24	231	1.971	295
1.924-25	225	1.972	299
1.925-26	234	1.973	309
1.926-27	246	1.974	294
1.927-28	242	1.975	309
1.948-29	242	1.976	307
1.929-30	263	1.977	296
1.930-31	270		
1.931-32	238		
1.932-33	251		
1.933-34	246		
1.934-35	258		
1.935-36	266		
1.936-37	249		
1.937-38	307		
1.938-39	257		
1.939-40	264		
1.940-41	257		
1.941-42	254		
1.942-43	258		
1.943-44	269		
1.944-45	202		
1.945-46	252		
1.946-47	254		
1.947-48	224		
1.948-49	137		
1.949-50	208		
1.951	201		

Fuente: Canal de Isabel II. Memorias.



FIGURA 7  
EVOLUCION DE LA DOTACION EN LITROS/HABITANTE Y DIA. 1858-1977

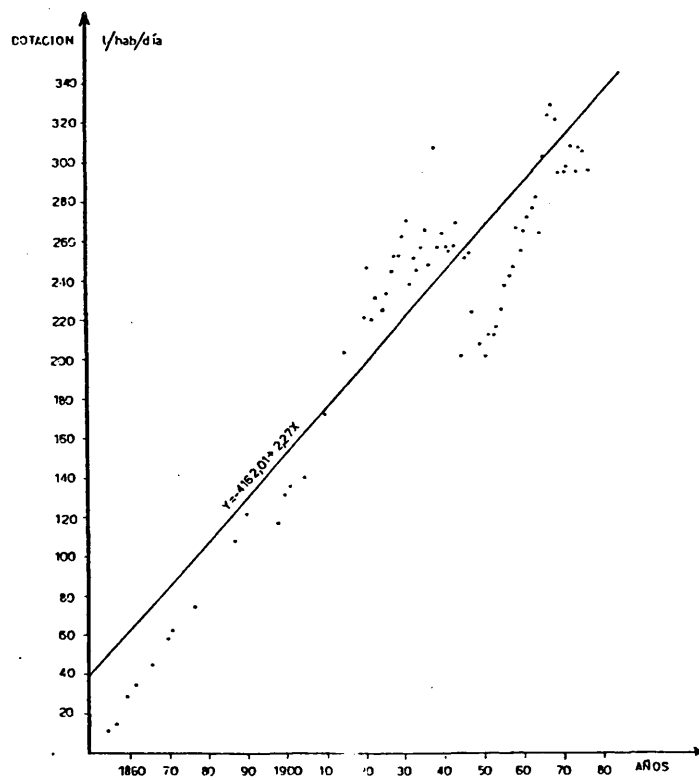
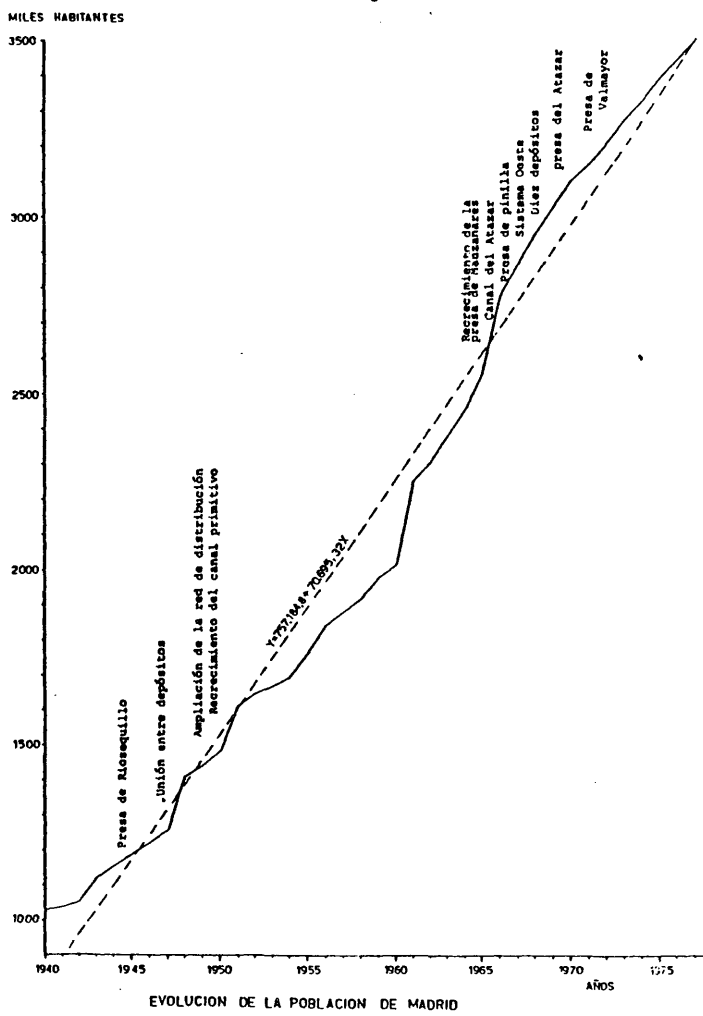


FIGURA 8



natural desciende a 13.242 personas. Con dos épocas, una de crecimiento de 1.930 a 1.935 y otra de descenso por la fuerte mortalidad y descenso de la natalidad en la guerra civil. La postguerra hace que la mortalidad descienda bruscamente hasta el 6,7 en 1.975, al igual que la mortalidad infantil que es de 1,83% del total de nacidos. La natalidad en este período tiene 3 momentos, un ascenso mínimo después de la guerra, un descenso hasta el año 1.951 y un nuevo ascenso hasta la actualidad que es de 27,05% y de 17,1 %, excluidos los transeuntes.

El crecimiento natural con exclusión de los transeuntes viene descendiendo desde la postguerra de 1,7% a 1,1% en 1.975. A pesar de este descenso desde la postguerra y años 50 y a pesar también de la fuerte inmigración de los 60, el crecimiento natural viene a ser el valor fundamental en el crecimiento total de la población. En la década actual (25) el crecimiento por inmigración es desde 1.971 negativo, mientras que el crecimiento natural incluso, con valores de natalidad excluidos transeuntes, menores en cifras absolutas a años anteriores y descendiendo ligeramente, es el que hace posible que Madrid crezca. Se ha dado un giro completo en los hechos demográficos, que desde el antiguo régimen venían afectando a nuestra ciudad. Huetz en el año 1.972 decía: "En el curso de los últimos años el crecimiento natural es mucho mas importante que la inmigración para explicar el aumento de la población madrileña; (en una proporción de 3 a 1.) La proporción sería un poco diferente para el conjunto del área metropolitana, pero es incontestable que Madrid crece hoy gracias a su propio dinamismo". No cabe duda que el Canal ha ido ligado estrechamente a este crecimiento, ya he dicho, que se anticipa en ocasiones mientras que en otras va con retraso, pero casi siempre paralelo. Sería exagerado y contra toda lógica pretender establecer una correlación causa-efecto entre el crecimiento del Canal y el incremento de población de Madrid, pero si existe una

intensa correlación por otro lado natural, y fundamentalmente posibilitadora, aunque con menor importancia como factor limitante-potenciador que durante el Antiguo Régimen en el que el abastecimiento de agua jugaba un papel primordial en el desarrollo de la población. La sanidad en general ha sido en el proceso de crecimiento madrileño posterior a la revolución industrial, un factor fundamental, y no cabe duda que esta se ha visto incrementada con el sistema de abastecimiento de agua del Canal por erradicación de enfermedades clásicas.

En resumen: la población madrileña, en relación con el abastecimiento de agua tiene dos ciclos: el antiguo con desigual abastecimiento de agua, crecimiento lento de la población con inflexiones bruscas motivadas por la inmigración y las fuertes tasas de mortalidad que provocaban las enfermedades, cólera, tuberculosis, etc.

El moderno con crecimiento constante del abastecimiento de agua y de la población que en un primer momento aumenta por la inmigración, pero que en una segunda etapa es reemplazada por el crecimiento natural.

NOTAS 2.8

- (1) Para el nombre de Madrid: Oliver Asín, J.: "Historia del nombre de Madrid." C.S.I.C. Madrid. 1.959. En el que es tudia la historia del nombre de Madrid y su relación con los viajes de agua.

En cuanto a la infradotación de Madrid en agua durante el Antiguo Régimen: Molina Campuzano, M.: "Madrid bajo los Austrias". Revista Información Comercial Española, nº402, Madrid, febrero, 1.967. Pág. 51. En el que afirma: "Supuesto <sup>entre</sup> que los historiadores de Madrid constituye un lugar común, apenas es necesario aludir a la inexistencia o graves deficiencias (determinadas sobre todo por la escasa dotación de agua) de otras instalaciones y servicios importantísimos a la salud del vecindario: así, la falta de alcantarillado y la mala organización de la limpieza de las calles, en las que casi por fuerza mayor se abandonaban tantas inmundicias.

- (2) Fuentes para la elaboración del cuadro nº1:

Ayuntamiento de Madrid: "Resúmenes estadísticos" Sección de Estadística. Desde 1.940 a 1.975.

Ballester, Ros, J.: "El crecimiento demográfico natural de Madrid." I.E.A.L. Madrid, 1.964, Págs. 151-167.

Bullón Ramírez, A. "Evolución y estado de la población de Madrid". Inst. de Estudios de la Admón. Local. Madrid, 1.964. pp. 131-150. Canal de Isabel II. Memorias. Años 1.945-1.950-1.970-1.974-1.975-.1.976-1.977.

Fernández García, A.: "El abastecimiento de Madrid en el reinado de Isabel II". C.S.I.C. Madrid, 1.971.

Huetz de Lemp, A.: "Les grandes villes du monde: Madrid". La documentation française. París, 1.972.

Martorell-Téllez Girón, R.: "Aportaciones al estudio de la población de Madrid". E. Mestre. Madrid, 1.930, pp. 49-50

Sanz García, J.M. y Corral Raya, J. del: "Madrid es así". S.C.L. Madrid, 1.955. pp. 71-72.

- (3) Deleito Piñuelas, J.: "Sólo Madrid es corte". Espasa-Calpe 1.943.
- (4) Contreras y López de Ayala, Marqués de Lozoya: "Isabel II y su Canal. Rev. Villa de Madrid, nº7. 1.958.
- (5) Troll, C. y Braun: "El abastecimiento de agua de la ciudad por medio de qunates a lo largo de la historia". Geographica. Inst. de Geografía Aplicada. C.S.I.C. Madrid, 1.974. pp. 235-313.
- (6) Ballester Ros, J.: Op .cit.
- (7) Casas Torres, J.M.: "El Canal de Isabel II y el desarrollo de Madrid". Conferencia dictada el 17 de mayo de 1.979. Canal de Isabel II. Madrid, En prensa.
- (8) Bullón Ramírez, A.: Op. cit.
- (9) Fernández García, A.: Op. cit..
- (10) Archivo Ministerio Obras Públicas: Legajos 366 (1.895 y 638, 1.896.
- (11) Archivo Ministerio Obras Públicas. Legajos 7.324 (1.878), 636 (1.876). 647 (1.918), 637 (1.892).
- (12) Agulló Cobos, M.: "Madrid en sus diarios". Inst. de Est. Madrileños. C.S.I.C. Madrid, 1.965. 5 vols.
- (13) Troll, C. y Braun, C. Op. Cit.  
Urbistondo, R.: "El abastecimiento de agua a Madrid". Bolet. Real Sociedad Geográfica .Ene.diciembre 1.977. tomo CXIII. Pág. 149.
- (14) González Yanci, "Los accesos ferroviarios de Madrid". Inst. de Estudios Madrileños.C.S.I.C. Madrid, 1.975.

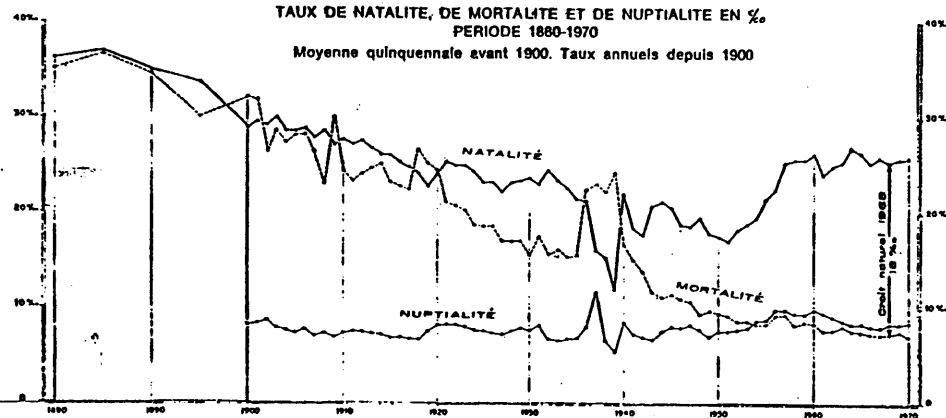
- (15) El cuadro está tomado básicamente de Troll, C. y Braun, C.: Op. cit., y de Solesio de la Presa, M.T.: "Antiguos viajes de aguas de Madrid. I.E. Torroja. C.S.I.C. Madrid, 1.975.
- (16) Díaz Cañabate, A.: "Madrid y los madriles". Prensa Española Madrid, 1.975.
- (17) Sobre moderados y progresistas: Fernández de los Ríos, A.: "El futuro Madrid ". Reedición. Los libros de la frontera. Barcelon, 1.977. Págs. 235 y sig. Original 1.868.  
Caro Baroja, J.: "Madrid. Revista información comercial española. nº 402. Madrid, 1.967. Pág. 43.  
Palacio Atard, V.: "La creación del Canal de Isabel II. Conferencia dictada el 19 de abril de 1.979. Canal de Isabel II. Madrid. En prensa.
- (18) Sanz García, J.L. y Muñoz Muñoz, J.; "El hecho geográfico del agua en el proceso de industrialización de Madrid". Ponencia presentada en el IV Simposio de la industria y del medio ambiente, celebrado en Madrid los días 18-20 de Diciembre de 1.978. Resumen publicado en Rev. Medio Ambiente. ASELCA. Madrid, 1.978, nº 24. Págs. 36-37.
- (19) Sanz García, J.M. y Muñoz Muñoz, J. Op. cit.
- (20) Voltes Bou, P.: Historia Económica de España. Siglos XIX y XX. Editora Nacional. Madrid, 1.974, pág. 26.
- (21) Sanz García, J.M. y Corral Raya, J. del: Op.cit.
- (22) Manzano Marcos, J. Orcasitas. Fascículo 32 de Madrid. Espasa Calpe, Madrid, 1.978.

(23) Muñoz Muñoz, J.: "Las Ventas del Espíritu Santo. Estudio Geográfico de un barrio de Madrid". Memoria de Licenciatura, inédita, Madrid, 1.975.

(24) Huetz de Lemp, A.: "Op. cit. Es muy expresivo el gráfico que sobre natalidad, mortalidad y nupcialidad presenta este autor desde 1.880 hasta 1.970.

Gráfico nº 9

TAUX DE NATALITE, DE MORTALITE ET DE NUPTIALITE EN ‰  
PERIODE 1880-1970  
Moyenne quinquennale avant 1900. Taux annuels depuis 1900



(25) Excmo. Ayuntamiento de Madrid: Resumen Estadístico 1.975.

Sección de Estadística. Madrid, 1.975. págs. 29-35.

CRECIMIENTO MIGRATORIO REFERIDO A LA POBLACION DE HECHO

AÑOS	Población de hecho Habitantes en 31 de diciembre	Immigración	Emigración	Diferencia	Coefficiente de aumento por 1.000 habitantes (1)
1958	1.975.666	18.144	2.718	15.426	8
1959	2.028.091	21.492	2.720	28.772	9,50
1960	2.259.931	22.521	2.722	19.799	9,76
1961	2.305.689	8.475	2.053	6.422	2,84(*)
1962	2.378.934	28.758	4.701	24.057	0,43
1963	2.464.258	43.557	6.199	37.358	15,70
1964	2.558.583	49.010	6.741	42.269	17,15
1965	2.793.510	43.607	5.985	37.622	14,70
1966	2.866.728	20.226	4.818	15.408	15,52(*)
1967	2.949.801	27.556	8.844	18.712	6,53
1968	3.030.689	32.014	12.651	19.363	6,56
1969	3.103.795	30.964	18.388	12.576	4,15
1970	3.146.071	28.902	15.719	13.183	4,25
1971	3.209.498	12.589	9.986	2.603	0,83(*)
1972	3.274.478	24.855	27.621	- 2.766	- 0,86
1973	3.331.056	21.058	30.170	- 9.112	- 2,78
1974	3.386.440	35.876	55.678	- 19.802	- 5,94
1975	3.201.234	36.593	46.696	- 10.103	- 2,93



Población, nupcialidad (desde el año 1900), natalidad y mortalidad por 1.000 habitantes  
a partir de 1855

AÑOS	POBLACION DE HECHO EN 31 DE DICIEMBRE	NUPCIALIDAD	PROPORCION POR 1.000	NATALIDAD	PROPORCION POR 1.000	MORTALIDAD	PROPORCION POR 1.000
1855	257.895	.	.	13.974	54,18	12.642	49,02
1860	289.043	.	.	14.327	49,56	13.986	48,38
1865	309.011	.	.	15.179	49,11	14.739	47,69
1870	331.665	.	.	15.893	47,91	15.467	46,63
1875	360.673	.	.	15.048	43,38	15.382	42,64
1880	449.867	.	.	16.234	36,10	15.956	35,04
1885	476.081	.	.	17.607	36,98	17.440	36,63
1890	482.816	.	.	16.865	34,92	16.573	34,32
1895	487.169	.	.	16.459	33,78	14.594	29,95
1900	528.984	4.350	8,22	15.932	30,12	14.411	27,24
1905	547.399	4.099	7,49	17.068	31,18	15.197	28,49
1910	584.117	4.186	7,17	16.922	29,07	14.925	28,89
1915	615.075	4.495	7,31	17.149	27,87	15.451	28,12
1920	678.738	6.031	8,88	17.928	26,71	18.055	26,90
1925	773.318	6.233	8,06	19.399	25,34	15.575	20,31
1930	893.223	7.250	8,12	22.270	27	14.767	17,93
1935	1.020.685	7.114	6,97	21.700	21,26	14.863	14,56
1940	1.088.647	9.209	8,57	23.684	22,03	17.848	16,60
1941	1.101.831	7.894	7,25	20.016	18,39	16.437	15,10
1942	1.121.837	7.591	6,89	19.431	17,64	15.304	13,89
1943	1.151.732	7.554	6,73	23.306	20,77	13.115	11,69
1944	1.175.215	8.789	7,63	24.323	21,12	12.783	11,10
1945	1.237.621	9.444	8,04	24.226	20,61	13.370	11,38
1946	1.258.631	9.925	8,02	23.262	18,80	13.610	11
1947	1.413.264	10.324	8,20	23.381	18,58	13.489	10,72
1948	1.440.038	11.094	7,85	27.582	19,52	13.261	9,38
1949	1.471.013	10.046	6,98	25.709	17,85	13.911	9,66
1950	1.618.435	11.111	7,55	25.713	17,48	14.009	9,52
1951	1.641.954	12.315	7,61	27.476	16,98	14.891	9,20
1952	1.669.964	12.769	7,78	29.891	18,20	14.118	8,60
1953	1.699.775	13.287	7,96	31.439	19,83	14.487	8,68
1954	1.767.698	14.847	8,73	33.403	19,65	14.061	8,27
1955	1.843.705	15.695	8,88	38.002	21,50	14.678	8,30
1956	1.879.037	18.150	9,84	41.403	22,46	16.986	9,21
1957	1.926.550	18.632	9,92	47.594	25,33	17.728	9,43
1958	1.975.666	18.360	9,53	49.345	25,61	15.857	8,23
1959	2.028.091	18.675	9,45	50.849	25,74	16.698	8,45
1960	2.259.931	19.988	9,86	53.210	26,24	16.944	8,35
1961	2.305.689	21.413	9,48	54.455	24,10	17.259	7,64
1962	2.378.934	20.872	9,05	57.537	24,95	17.617	7,64
1963	2.464.258	20.717	8,71	59.902	25,18	19.101	8,03
1964	2.558.583	20.356	8,26	66.138	26,84	18.800	7,63
1965	2.793.510	21.140	8,26	67.548	26,40	19.417	7,59
1966	2.866.728	22.410	8,02	70.654	25,29	20.182	7,22
1967	2.949.801	22.829	7,96	73.976	25,81	20.614	7,19
1968	3.030.689	24.261	8,22	74.887	25,39	21.537	7,30
1969	3.103.795	24.912	8,22	77.798	25,67	22.872	7,55
1970	3.146.071	26.133	8,42	79.882	25,74	22.160	7,14
1971	3.209.498	26.595	8,45	84.263	26,78	23.439	7,45
1972	3.274.478	27.351	8,52	85.505	26,64	22.677	7,07
1973	3.334.086	28.157	8,60	87.435	26,70	23.402	7,15
1974	3.386.440	27.443	8,23	91.762	27,52	23.685	7,10
1975	3.201.234	28.109	8,30	91.594	27,05	22.734	6,71

## CRECIMIENTO VEGETATIVO CON EXCLUSIÓN DE TRANSEUNTES

AÑOS	Población de derecho Habitantes en 31 de diciembre	Nacidos vivos	Fallecidos	Diferencia en más	Coefficiente de aumento por 1.000 habitantes (1)
1958	1.866.507	45.615	15.151	30.464	16,71
1959	1.921.190	46.579	15.956	30.623	16,41
1960	2.177.123	48.730	16.188	32.542	16,94
1961	2.227.763	50.010	16.487	33.523	15,39
1962	2.293.972	52.726	16.955	35.771	16,05
1963	2.345.956	55.017	18.338	36.679	15,99
1964	2.418.532	60.565	17.916	42.649	18,18
1965	2.620.797	61.104	18.421	42.683	17,65
1966	2.712.641	63.147	19.061	44.086	16,82
1967	2.803.416	64.944	19.377	45.567	16,80
1968	2.870.849	63.691	20.198	43.493	15,51
1969	2.937.734	63.718	21.305	42.413	14,77
1970	3.120.941	62.609	20.494	42.115	14,34
1971	3.164.848	63.077	21.304	41.304	13,23
1972	3.209.246	61.080	20.842	40.238	12,71
1973	3.247.108	58.650	21.461	37.189	11,59
1974	3.274.043	58.711	21.503	37.208	11,46
1975	3.228.057	56.258	20.420	35.838	10,94

Las tablas de valores que presento, permiten comprender con mas facilidad el texto en el que explico la evolución reciente de la población madrileña. Hay que tener en cuenta que estos valores están referidos a Madrid, no al área abastecida por el Canal, que tiene una inmigración de Madrid-capital bastante considerable. Sobre todo si se tiene en cuenta que son 24.000 personas las que pasan al año de la ciudad a los municipios de la provincia.

Prácticamente la mitad de la emigración madrileña y los 2/3 de la inmigración total provincial.

El conjunto del área abastecida por el Canal tiene una dinámica poblacional más activa:

- 1) Porque atrae más inmigrantes
- 2) Las tasas de natalidad son muy fuertes aunque los nacimientos se produzcan en Madrid-capital.
- 3) Menor emigración en conjunto, aunque la movilidad dentro del área sea mayor.
- 4) Menor mortalidad por tener un índice de envejecimiento menor.

CAPITULO III.

HISTORIA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA A MADRID.

### Capítulo 3. Historia del Abastecimiento de agua a Madrid.

Este capítulo es un mero resumen de la bibliografía existente, mi aportación por tanto es mínima, de forma intencinada, ya que existe una Tesis Doctoral paralela a ésta en realización de María Teresa Solesio de la Presa que trata del proceso histórico del abastecimiento madrileño, por lo que yo simplemente hago un esbozo para que mi aportación no quede desequilibrada. Es más un problema estético que de investigación.

No pretendo profundizar, y he desistido de ello consciente, entre otros motivos, porque Solesio es historiadora y domina la metodología y análisis de esta especialidad, mientras que yo, con otra formación y otros planteamientos, he marginado y minimizado este capítulo, aún teniendo las fuentes a mano, gracias al Archivo de Obras Públicas y al del Canal de Isabel II, y me limito a realizar una recopilación comentada, ahondando en las grandes construcciones y detalles generales, pero sin la profundización que Solesio puede aportar al conocimiento histórico del Canal de Isabel II, los Viajes, del que ya tiene un magnífico trabajo, y la Hidráulica Santillana.

A pesar de lo expuesto, no he podido dejar al margen algunos hechos históricos; como pueden ser los Viajes de agua y su capacidad de abastecimiento, el proceso del Antiguo Régimen por lo que respecta a la población y la dotación por habitante, etc, puntos que pueden verse en el capítulo segundo. De igual manera he tratado de describir el impacto que tuvo el Canal en el Madrid de 1858, así como

el crecimiento espacial y poblacional desde esta fecha. De cualquier forma, los procesos históricos pueden servir a la Geografía como explicación de determinados procesos actuales, fundamentalmente porque hay constantes que se repiten por épocas, desaparecen y vuelven a aparecer en el tiempo con una cierta periodicidad, como los proyectos de municipalización asociados a las quejas contra la calidad del agua, la escasez, las restricciones, los intentos de privatización, empresas que pretenden competir con antepro- yectos más o menos irrealizables, etc.

### 3. 1. Antecedentes del Canal.

Antes de que el abastecimiento de agua a Madrid por el Canal de Isabel II fuese un hecho, existieron, por un lado los Viajes, que ya he mencionado, con los aguadores, y por otro, varios anteproyectos para abastecer la ciudad por medio de trasvases con agua de los ríos serranos.

Los aguadores existieron desde el siglo XV, (aunque la primera matrícula fuese de 1653), actuando como poceros bomberos ocasionales y vigilantes de fuentes, por ejemplo, impedían que los vecinos lavasen ropa en ellas (1). Una reglamentación muy rígida que daban los Corregidores y el Concejo madrileño por un lado y la Sala de alcaldes de Casa y Corte por otro, eran las normas de derecho a las que se atenían. En el Archivo Histórico Nacional existe una serie desde 1593 a 1676, sobre calidad y precio de los cantaros, que establecía precios, medidas de capacidad, modo de transporte, etc,

La vida de la época, en la que cualquier producto de consumo era sometido a Tasa, Puertas o Sisas, era enormemente rígida, por cuanto que con el agua sucedía como en las famosas crisis de subsistencias, cuando escaseaba, su

precio subía extraordinariamente, consecuentemente los corregidores dictaban bandos con ~~ordenes~~ para que los precios no subieran. Por ejemplo, en 1.490 (3) el Consejo daba la siguiente norma: " Que el agua no se venda a más de un maravedí la carga, el que lo vendiera a mayor precio recibirá la primera vez cincuenta azotes, la segunda sesenta y la tercera será desterrado.

A pesar de la picaresca, propia de la época, que hacía aparecer en Madrid gentes de todas las regiones españolas, con oficios variopintos y marginales; recaderos, vendedores de mercancías a pequeña escala, falsos mendigos, criados, etc.; como un sector terciario devaluado, el oficio de aguador era considerado honrado y dentro de la ley, aunque en ocasiones fueran alborotadores y provocaran riñas en las fuentes públicas, y estuviesen mal vistos como oficio vil. Era además, casi monopolio de gallegos y asturianos que no <sup>le</sup>podían ejercer sin ser hermanos de la cofradía de las Animas de la Iglesia de Santa Cruz (4) (en la plaza de Santa Cruz, <sup>cercana a</sup> donde hoy está el Ministerio de Asuntos Exteriores), o sin tener licencia de la Sala de Alcaldes de Casa y Cortes (hasta 1.600 ) (5) que actuaba de forma ejecutiva, es decir, en castigos y penas, aunque con posterioridad (siglo XVIII) la autoridad sobre los aguadores la ejerce el Corregidor de Madrid (6).

En esta época estaban regulados los precios, las medidas, las fuentes en las que se podían situar, así como las diversas formas de abastecimiento, ya que el agua se podía llevar en cubas con animales de carga.

En otras ocasiones, y ante los abusos cometidos, se dictaban bandos prohibiéndoles introducir en la ciudad vino y otras mercancías en cubas, porque entraban sin pagar tasas y derechos de puerta, o bien hablar con mozas desde el toque de la oración o jugar a los naipes en las fuentes (7).

En épocas de escasez acaparaban las fuentes e impedían al vecindario llenar las vasijas de agua, contra lo que procedían las autoridades de la Villa dictando los correspondientes bandos(8), para que se guardase la vez o para que no hubiese novedad, artilugios o instrumentos en el llenado de cubas o cántaros.

Otras veces era el vecindario el que provocaba la protesta de los aguadores ante las autoridades (ya fuese el Concejo, ya los Alcaldes de Casa y Corte), bien porque se les exigía que trasportasen pequeñas cantidades de agua, o porque se les molestaba o estorbaba en su trabajo.

El pueblo madrileño tenía en los aguadores una institución característica de su fisonomía como lo prueban multitud de grabados en los que aparecen en plazas y lugares públicos. Incluso con posterioridad a la creación del Canal, el pueblo, por inercia, seguía prefiriendo el agua de las fuentes de los Viajes a las "destiladas del Canal de Lozoya" (9), incluso Deleito habla de haber visto en su infancia en los años finales del siglo XIX aguadores de la Fuente del Berro en la calle de Alcalá, hecho que puedo confirmar porque en las tardes de Toros de las Ventas aún aparecían hace unos años aguadores, ofrecían agua de la Fuente del Berro a los transeuntes. Galdos retrata a uno de sus personajes que obsequiaba a las visitas, junto con las pastas y golosinas, agua de Viajes en vasijas distintas. Esta afición al agua hace decir a Baroja que los madrileños eran buenos catadores de agua. Y con el Canal de Isabel II se ha convertido en tópico y es un hecho perceptivo del ser humano en relación al medio que habita, ya que el agua es uno de los elementos que extraña -amos los madrileños viajeros.

Lo que significó la total desaparición de los aguadores fue el sistema de abastecimiento regular del Canal de Isabel II, que fue una conquista urbana de inapreciable va-

lor. No obstante, en 1.858 tenían todavía una gran importancia para la ciudad, ya que actuaban como poceros, fontaneros etc.

### 3.1.1. Anteproyectos del Canal.

Los pasos previos a la construcción del Canal fueron bastante arduos, tuvieron que ser elaborados varios planes antes de llegar a su construcción.

Parece que los primeros intentos para traer agua de río que abasteciese Madrid se deben a Juan II, pero este detalle no está confirmado según Urbistondo (10).

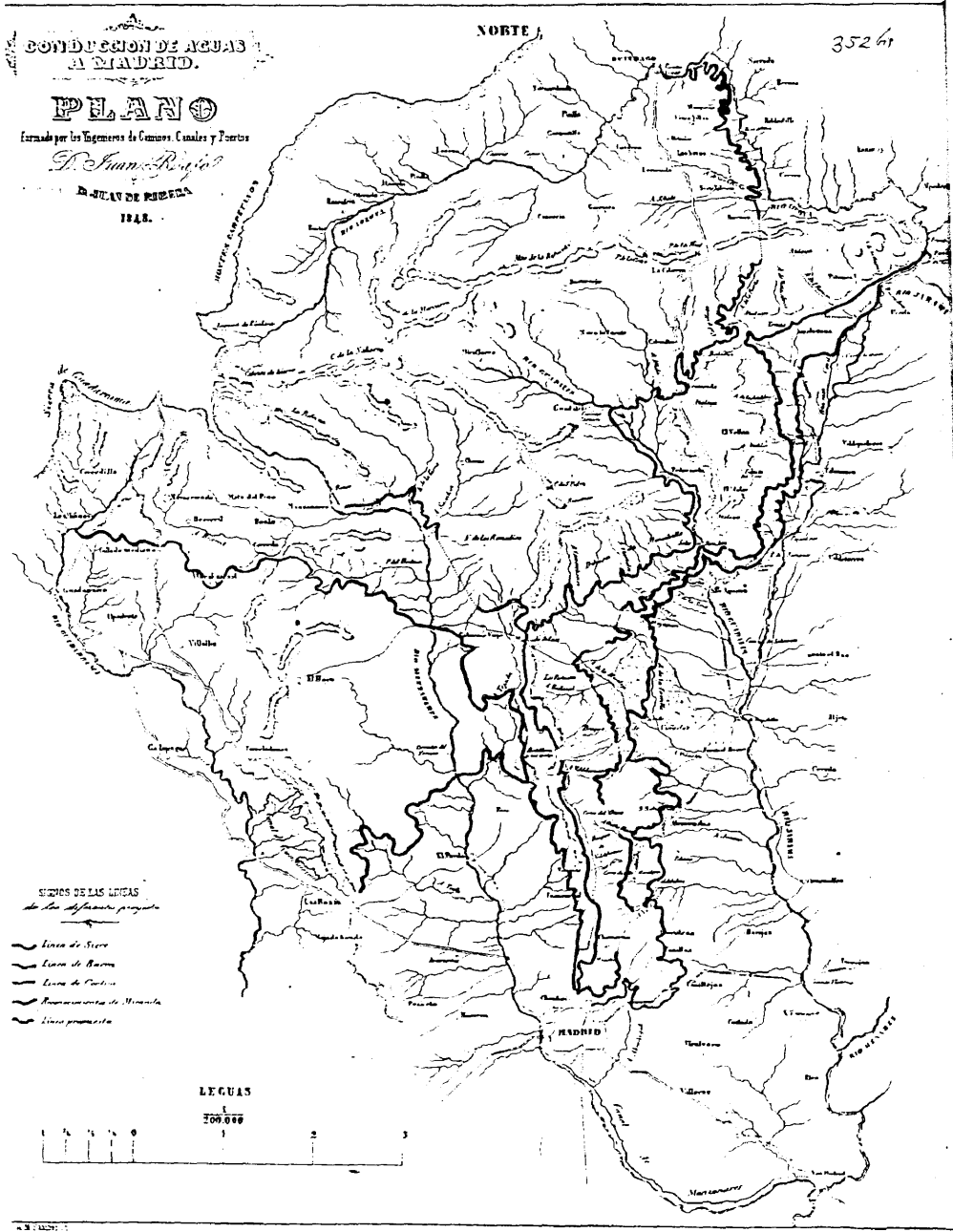
El primer anteproyecto aparece en el siglo de la Ilustración, el 18 de enero de 1.769 (11), como un fenómeno económico más, preludiando el proceso de mejoras de los Borbones, Cabarrús y el Banco de San Carlos, fue suscrito por D. Jorge Siere y recogido en la memoria sobre la conducción de aguas a Madrid de Rafo y Ribera en 1.848 (12) como trazado bajo (mapa adjunto). La conducción comenzaba en el punto del Roncadero, dos kilómetros aguas abajo del punto de la confluencia entre Lozoya y Jarama, donde en la actualidad se encuentran el azud del mismo nombre en el río Jarama y cerca de los actuales pozos Ranney, entre Uceda y Patones, cruzaba el arroyo de la Malacuera y Espartal, paralelo al Jarama y se internaba en la cuenca del Guadalix al sur del Molar y cruzando los arroyos afluentes, continuaba hacia Madrid por la divisoria de aguas Jarama-Manzanares, por Viñuelas, San Sebastián de los Reyes, Alcobendas, Arroyo de Canto Blanco, Hortaleza y Canillas, penetrando hacia la ciudad por la carretera de Aragón, desviándose hacia el Norte por la actual zona de la M-30-Abroñigal, llegando a la Castellana por la actual calle de Juan Bravo aproximadamente. De cualquier forma, este tra-



CONDUCCIÓN DE AGUAS  
A MADRID.

**PLANO**

Elaborado por los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
*D. Juan Riquelme*  
D. JUAN DE ROSA  
1848.



35261

zado bajo fue descartado por Rafo porque su corta pendiente no daría a las aguas la velocidad que se requiere para algunos de los usos a que han de destinarse". Este proyecto pretendía la realización de una presa o el paso del canal por el río Guadalix para completar el abastecimiento del Jarama.

El segundo proyecto fue el de Juan de Villanueva el 8 de febrero de 1.786. En estos años hacia 1.788, se construye el Canal de Guadarrama, obra de Cabarrús y del Banco de San Carlos, para hacer navegable el Tajo hasta Madrid (13). Según José María Sanz García son los años en que se trata de imitar los planes europeos que discuten la viabilidad de los canales como mejor medio de comunicación que las carreteras. El proyecto Villanueva consistía en aprovechar el río Guadalix, siguiendo los pasos del proyecto Sincere, para mejorar los caudales del Viaje del Retiro. He encontrado por otra parte, documentación para aprovechar las aguas del río Guadalix, pero bastante posterior en 1.911(14).

El trazado de Villanueva fue denominado por Rafo y la Comisión que preparó la línea definitiva del proyecto como trazado Intermedio, y fue completado desde Guadalix hasta el Pontón de la Oliva.

Comenzaba en Chamberí seguía hacia Canto Blanco, Valdelamaza y La Moraleja, Arroyo del Bodonal y continuaba en la cuenca del Guadalix hasta el Salto del Hervidero, continuando hasta el Pontón, en el proyecto de Rafo y Ribera como veremos.

Otra solución fue la de D. Mariano Vallejo; que apareció el 11 de noviembre de 1819, pretendía incrementar las aguas del Guadalix, y por lo tanto las del Canal previsto por Villanueva, con una línea que iría desde el Pilancón (río Guadalix) hasta Buitrago (Lozoya). Este proyecto es el mismo que el del Ingeniero Coqueret de 1.822, que presentaba el

interés de proponer la captación de aguas precisamente donde se construyó el embalse de Puentes Viejas.

El Ingeniero Lemaury y el Sr. Miranda propusieron una línea que iba paralela a la ladera del Manzanares en el Monte de El Pardo y que conduciría aguas del río Guadarrama, por una parte del Canal del Guadarrama al Norte de las Rozas y Majadahonda, y por otro desde el mismo río por Collado Mediano, Cerceda y Cuenca del Manzanares, hasta Colmenar y desde aquí iría a Chamberí por Tres Cantos Valverde y Fuenarral.

El río Guadarrama se desechó por la escasez de caudales que podría aportar en verano, no obstante, en los años 1.904- 5 (15) y 1.905 (16) aparecen dos expedientes solicitando permiso para aprovechar las aguas del río Guadarrama en el abastecimiento de Madrid.

Durante el reinado de Fernando VII (17), "El Ayuntamiento solicita al Rey el encargo de investigar los medios de conducción a Madrid aguas potables y de riego. Una junta de ilustres profesores designa al Comisario de Caminos y Canales, Francisco Javier Barra. Este cumple la misión encomendada suscribiendo un proyecto en abril de 1.829 que prevé la incorporación a Madrid de aguas de los ríos Guadalix y Manzanares mediante dos acueductos de los primeros nombres que habrían de confluir en el llamado Acueducto Reunido y se calculaba un caudal de 1.600 reales fontaneros (5,58 m<sup>3</sup>/día). El autor limitaba su proyecto al abastecimiento de aguas para usos urbanos y fue desechado por considerarlo demasiado costoso. La línea de conducción iría desde el pueblo de Manzanares hasta la Majada de Laso, recorría el interfluvio Jarama-Manzanares, y llegaba a Madrid por Chamartín, mientras que desde el pueblo de Guadalix iría otra conducción con agua del río del mismo nombre por la falda de la Sierra

de San Pedro hasta la majada de Laso donde se unirían ambas conducciones.

D. Pedro Cortijo propuso adicionar a este proyecto 600 reales de agua ( $1.930 \text{ m}^3/\text{día}$ ) mediante una máquina de vapor. Pero esta variación fue desechada por Rafo y Ribera al considerarla demasiado costosa, por el consumo de carbón y el mantenimiento de la máquina.

El proyecto Barra fue desechado por los ingenieros fundadores del Canal por la insignificancia de caudales de verano que podía aportar el río Guadalix y además porque en la cuenca del Manzanares serían necesarios varios túneles de difícil construcción con la técnica de la época.

Existió también otro proyecto de Cortijo, por encargo del Ayuntamiento (18), en el que estimaba posible conducir 30.000 reales desde el Lozoya (Puentes Viejas cerca de Buitrago, similar al proyecto Vallejo), hasta el río Guadalix, en el punto en que lo dejaba el proyecto Barra, es decir, cercano al pueblo. El trazado seguía el curso del Lozoya hasta el Berrueco, cruzaba el arroyo de Retuerta y pasaba por Redueña, Venturada y Guadalix.

El proyecto Barra-Cortijo se sacó a pública subasta el 30 de mayo de 1.846, siendo adjudicado a la Compañía Anónima "La Aurora" con el compromiso de conducir a Madrid 80.000 realesfontaneros de agua ( $32.450 \text{ m}^3/\text{día}$ ,  $0,3 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , cifra hoy día insignificante y 100 veces menor a los caudales actuales). El agua sería comprada por el Ayuntamiento según precio y condiciones establecidas. La adjudicación se rescindió el 19 de agosto de 1.849 (19), paralizándose los trabajos, en un período en que Madrid pasaba sed.

Notas 3.1.

- (1) GOMEZ IGLESIAS, A.: "Libros de Acuerdos del Concejo Madrileño". Artes Gráficas Municipales. Madrid, 1.970. pág. 39.
- (2) ARCHIVO HISTORICO NACIONAL: "Consejo de Castilla, Sala de Alcaldes de Casa y Corte. Los documentos se refieren a la capacidad y precio de los cántaros.

<u>Años</u>	<u>Documentos</u>
1.593	fol. 484
1.594	fol. 17
1.600	fol. 455
1.601	fol. 11
1.605	fol. 406
1.620	fol. 344
1.623	fol. 445
1.648	fol. 49-50
1.676	fol. 2- 3

- (3) GOMEZ IGLESIAS, A.: "Libros de Acuerdos del Consejo Madrileño". Artes Gráficas Municipales. Madrid, 1.970. pág. 247.
- (4) ARCHIVO HISTORICO NACIONAL: "Consejo de Castilla, Sala de Alcaldes de Casa y Corte. Año 1.684 folio 156.
- (5) IDEM. Año 1.607, folio 190.
- (6) IDEM. Año 1.778, folio 471.  
Año 1.736, folios 512-515.

- (7) ARCHIVO HISTORICO NACIONAL: Consejo de Castilla, Sala de Alcaldes de Casa y Corte. Año 1.610, folio 587.  
Año 1.668, folio 180.  
Año 1.615, folio 357.
- (8) IDEM. Año 1.613, folio 62.  
Año 1.730, folios 191-292.
- (9) CABEZA, J.A.: "Madrid". Edit. Destino. Barcelona, 1.954. pág. 17.
- (10) URBISTONDO, R.: "El Abastecimiento de Agua en Madrid". Boletín Real Sociedad Geográfica. Op. cit. pág. 150.
- (11) CANAL DE ISABEL II: "Memoria 1.950". M.O.P. Madrid. 1.958. pág.25.
- (12) BRAVO MURILLO, J.: "Memoria sobre la conducción de aguas a Madrid". Dirección General de Obras Públicas. Imprenta Nacional. Madrid, 1.848.
- (13) En el Archivo Histórico Nacional, Consejo de Castilla, Sala de Alcaldes de Casa y Corte existe documentación referente a este tema en 1.788, tomo 19 folios 842-875.
- (14) Archivo de Obras Públicas: Legajo 515. 1.911. Expediente promovido por D<sup>a</sup> Mercedes Segovia para abastecimiento de aguas a Madrid con los del río Guadalix.
- (15) ARCHIVO DE OBRAS PUBLICAS; Legajo 205.

- (16) ARCHIVO DE OBRAS PUBLICAS: Legajo 443.
- (17) URBISTONDO, R.: "El Abastecimiento de Agua a Madrid.  
op. cit. pág. 150.
- (18) URBISTONDO, R.: "El Abastecimiento de Agua a Madrid.  
op. cit. pág. 151.
- (19) CANAL DE ISABEL II: "Memoria 1946-50". M.O.P. Madrid.  
1.958, pág.26.

## Apéndice 3.1.

Fuente: Memoria del Canal de Isabel II. 1946-50.

PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS

---

REAL DECRETO DISPONIENDO QUE SE PROCEDA A LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS NECESARIAS PARA ABASTECER DE AGUAS A MADRID POR MEDIO DE UN CANAL DERIVADO DEL RÍO LOZOYA, QUE SE DENOMINARÁ CANAL DE ISABEL II (18 de junio de 1851)

EXPOSICION

SEÑORA: La primera, la más urgente necesidad del pueblo de Madrid es el abastecimiento de aguas, necesidad que todos sus habitantes sienten y deploran, y que sería, por tanto, inútil encarecer.

Más de un siglo ha que se están formando proyectos y discurriendo métodos para llevar a cabo tan importante empresa, sin que hasta ahora se haya conseguido otra cosa más que demostrar la posibilidad de traer con alguna abundancia aguas saludables para los usos de necesidad y comodidad de la vida, y aun para la industria agrícola y fabril, y la evidencia de que los medios que el Ayuntamiento de Madrid tiene a su alcance y que se haya dispuesto a emplear con el más laudable y honroso celo, no bastan por sí solos para la realización de una empresa de tanta magnitud.

En tal estado, el Gobierno de V. M., que ve en esta mejora, no un interés puramente municipal, sino también general, así por su trascen-



dencia como por su objeto, por sus efectos, y, sobre todo, por la intensidad de los males a que el descuidarla habría de dar lugar necesariamente, no puede ni permanecer por más tiempo mero espectador de los sufrimientos actuales de los habitantes ni aguardar con indiferencia las calamidades que amagan a una numerosa población que crece rápidamente.

Madrid, residencia de los Reyes y de los altos poderes públicos, patria común de los españoles, ve amenazada su existencia por la escasez de agua; y a parte los trastornos de todo género a que esto podría dar lugar, ha de ocasionar grandes pérdidas por el desmerecimiento de su riqueza urbana, que entra por una parte notable en la general del país. Donde quiera que existe un peligro tan grave o inminente, el Estado se haya en el deber de concurrir a evitarlo.

El Gobierno de V. M., que no ha mucho tiempo hizo por sí solo los trabajos necesarios hasta averiguar la posibilidad de traer a la corte una considerable cantidad de agua del río Lozoya, desea ahora tomar a su cargo la ejecución de la obra con la esperanza impaciente de verla concluída en corto plazo, valiéndose para ello de los remedios que le da la ley, de los auxilios del Ayuntamiento y de la concurrencia de los hombres celosos e ilustrados que, uniendo su interés al de su patria, se apresuren a contribuir con sus fondos y sus luces.

El Gobierno, que sabe, por otra parte, lo grata que es a V. M. la realización de esta obra, y que V. M. está dispuesta a dar para facilitarla un noble ejemplo que hallará numerosos imitadores; el Gobierno, Señora, se ve impulsado por este nuevo móvil para no ahorrar tarea ni fatiga alguna hasta conseguir su objeto, y para suplicar rendidamente a V. M. se digne permitir que esta obra importante lleve el nombre de Canal de Isabel II.

Resta ahora exponer a la consideración de V. M. el sistema que el Gobierno se propone seguir, así para la reunión de fondos como para la ejecución de la obra.

Desde luego, el Tesoro público habrá de adelantar, a calidad de reintegro, con el producto de las aguas, dos millones de reales para emplearlos en caso necesario en las obras, o atender a los intereses de los capitales, si fuere preciso acudir a levantarlos por vía de anticipación.

Para legalizar esta aplicación de fondos públicos, se hará uso de un crédito extraordinario; y si en adelante fuere necesarias algunas otras sumas, se incluirán en el presupuesto general del Estado.

El Ayuntamiento de Madrid, con el celo que distingue a esta corporación, se ha prestado a suscribirse con dieciséis millones de reales, tomando 2.000 rs. fontaneros de agua a 8.000 rs. vn. cada uno, sin perjuicio de la eficaz colaboración pública y privada de sus individuos; y es de esperar que muchos particulares suministrarán también, por medio de suscripciones voluntarias, sumas reintegrables con agua al mismo precio, y que otros facilitarán sus fondos a reintegrarse en dinero del capital e intereses. Estas operaciones se harán tanto más fácilmente cuanto en el proyecto se da a unos y otros participación en los beneficios que se obtuvieren e intervención en la administración de la empresa; y estos beneficios provendrán, así de la economía en la construcción de las obras, cuyo costo se presupone en ochenta millones, como del aumento de aguas sobre la cantidad de diez mil reales fontaneros que se toma por tipo.

El sistema de administración será el siguiente:

Se establecerá, desde luego, un Consejo de Administración, en que estén representados los intereses del Ayuntamiento y demás copartícipes, y la inteligencia facultativa y económica en esta clase de obras. Un ingeniero, individuo del Consejo de Administración, estará encargado de la parte facultativa y económica de las obras, bajo la autoridad y prescripciones del Consejo. De este modo habrá la unidad de acción que se requiere, sin perjuicio de que esta misma acción sea competentemente ilustrada e intervenida.

Reunidos los fondos y organizada la administración bajo la superior inspección del Gobierno, el Consejo podrá funcionar inmediatamente y principiarse las obras dentro del término de dos meses, tomando por guía, en lo general, los trabajos hechos y publicados por el Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas en 1848 y 1849, pues aunque éstos no pueden considerarse como un proyecto definitivo, encierran bases suficientes para comenzar las obras, sin perjuicio de practicar a la vez las operaciones y rectificaciones que se consideren oportunas.

El ministro que suscribe confía, por tanto, en que V. M. se dignará dispensar su aprobación al adjunto proyecto de Decreto que, con acuerdo del Consejo de Ministros, tiene la honra de someter a la consideración de Vuestra Majestad.

Madrid, 18 de junio de 1851.—Señora: A. L. R. P. D. V. M., Juan Bravo Murillo.

## REAL DECRETO

Persuadida de la urgente necesidad de proveer a la población de Madrid, que me es tan cara como lo fué a mis augustos predecesores, del agua suficiente para los usos ordinarios de la vida y para los de la industria, hasta donde fuere posible, y conformándome con lo que, de acuerdo con mi Consejo de Ministros, me ha propuesto su presidente, vengo en decretar lo que sigue:

ARTÍCULO 1.º Mi Gobierno procederá directamente a la ejecución de las obras necesarias para abastecer a Madrid de aguas saludables por medio de un canal derivado del río Lozoya, que se denominará Canal de Isabel II, admitiendo la participación del Ayuntamiento y particulares en los términos que se determinarán en este Decreto.

ART. 2.º A fin de subvenir al gasto de 80 millones de reales vellón en que se calculan próximamente las obras para la traída a Madrid de 10.000 reales fontaneros (1) de agua por lo menos, el Gobierno hará uso de los medios siguientes:

1.º La cantidad de dos millones de reales vellón de que por este año tendré a bien conceder al ministro de Hacienda un crédito extraordinario con arreglo a la Ley de Contabilidad, y las demás sumas que anualmente se comprendan y aprueben en el presupuesto general del Estado, a reintegrar en los términos que en el artículo 9.º se designarán.

Estas cantidades servirán para el pago de los intereses de las anticipaciones voluntarias que se hagan a reintegrar en dinero, pudiendo aplicarse en la parte necesaria a la ejecución de las mismas obras.

2.º La suscripción voluntaria a que se ha prestado el Ayuntamiento de Madrid por la cantidad de 16.000.000 de reales vellón, valor de 2.000 reales fontaneros de agua, para satisfacer las necesidades comunes del vecindario, al precio cada real fontanero de agua de 8.000 reales vellón.

3.º El producto de una suscripción igualmente voluntaria que abrirá el Gobierno, a condición de reintegrar su importe, concluídas que sean las obras, en reales de agua al precio indicado, o en efectivo con el interés en este último caso de 6 por 100 anual, a voluntad de los suscriptores.

(1) Un real fontanero <> 32 Hl. (O. de la Regencia de 6 de mayo de 1870).

ART. 3.º Para la administración de las obras habrá:

Un Consejo de Administración.

Un director facultativo y económico de las obras, elegido por el Gobierno, a propuesta en terna del Consejo de Administración.

El Consejo de Administración se compondrá:

De tres comisarios, nombrados por el Gobierno, de los cuales uno será presidente del Consejo.

Del Alcalde-Corregidor y dos individuos del Ayuntamiento de Madrid.

Del director facultativo y económico de las obras.

De tres suscriptores voluntarios, elegidos por los mismos suscriptores, y de un prestamista, si lo hubiere, designado por los de su clase.

De un secretario, elegido por el Consejo y retribuido con los fondos de la empresa.

ART. 4.º Los comisarios que el Gobierno nombre, en unión con el Alcalde-Corregidor y los individuos que el Ayuntamiento elija, se reunirán, desde luego, bajo la presidencia del comisario a quien el Gobierno confiera este cargo y, formando Consejo de Administración, elegirán un secretario interino entre los individuos del Consejo, y procederán a formalizar la terna que ha de elevarse inmediatamente al Gobierno para que elija entre los ingenieros propuestos el director facultativo y económico de las obras.

Constituido así el Consejo, dará principio a sus trabajos.

ART. 5.º Cuando las sumas de las suscripciones voluntarias ascienda a dos millones de reales vellón, los que sean suscriptores por diez reales, a lo menos, de agua, nombrarán nueve de entre los mismos, tres de los cuales, por el orden de prioridad de la elección, serán los representantes en el Consejo, y los otros seis suplentes por el mismo orden.

ART. 6.º Tan luego como se halle completo el Consejo de Administración, se procederá a la elección de secretario permanente, cuya dotación se propondrá al Gobierno.

ART. 7.º Los fondos se depositarán en el Banco Español de San Fernando, y la entrada y salida se combinarán de modo que se observe la más estricta economía en los gastos.

ART. 8.º Concluidas las obras, lo cual se habrá de verificar necesariamente en el término de cuatro años, y distribuidas las aguas, el Gobierno procederá a la formación de un Sindicato, en que estén representados el

interés del Estado, los de la villa de Madrid y los de los propietarios de aguas, cuyo Sindicato tendrá a su cargo el proporcionar repartimiento de los gastos entre los que disfruten los beneficios, la conservación de las obras y la distribución de las aguas.

ART. 9.º Con el producto total de las aguas se reintegrará al Tesoro público de los fondos que hubiere adelantado y de sus intereses, y se amortizarán los capitales que se hubieren recibido a préstamo con interés.

ART. 10. Se entenderá por beneficio en la ejecución de esta obra el ahorro que se obtenga en el gasto sobre los 80.000.000 en que se calcula y el aumento de agua sobre los 10.000 reales fontaneros que se presupone como mínimo de las que se han de traer necesariamente.

ART. 11. Los beneficios se distribuirán del modo siguiente: 50 por 100 al Sindicato para menos repartir en los gastos de administración y sucesiva conservación de las obras; 25 por 100 como premio de los capitales empleados en la obra entre todos los concurrentes, incluso el Ayuntamiento.

El Gobierno, oyendo al Consejo Real, y teniendo en consideración el total importe de los beneficios, destinará el 25 por 100 restante para recompensar los servicios del Consejo de Administración y de los ingenieros que hubieren dirigido las obras, la parte que estime conveniente, no bajando del 10 por 100.

La distribución entre dichos interesados se hará también por el Gobierno, a propuesta del mismo Consejo de Administración, teniendo presente el celo y la importancia de los trabajos de cada individuo.

La cantidad que sobrase se aplicará, en su caso, por iguales partes, a los objetos expresados en los dos párrafos anteriores.

ART. 12. En el caso de que no puedan reunirse sumas bastantes para llevar a cabo las obras por los medios indicados, el Gobierno presentará a las Cortes un proyecto de ley para que se imponga a calidad de reintegro a los propietarios de casas de Madrid un tanto por ciento sobre sus rentas.

ART. 13. No se exigirá indemnización por los terrenos que ocupen las obras y sus accesorios, si pertenecen aquéllos a la villa de Madrid o al Estado. En este último caso se propondrá a las Cortes la competente autorización.

ART. 14. Reglamentos especiales que el Gobierno formará inmediatamente proveerán a la más pronta y cumplida ejecución de este Decreto, de forma que tengan principio las obras dentro del término de dos meses.

ART. 15. El Presidente de mi Consejo de Ministros, Ministro de Hacienda, respecto de la recaudación, distribución y cuenta y razón de los fondos de esta empresa; el de la Gobernación por lo respectivo a la autorización al Ayuntamiento para disponer de fondos municipales con arreglo a las leyes, y el de Comercio, Instrucción y Obras Públicas en cuanto a la parte facultativa e inspección de las obras, quedan encargados de la ejecución del presente Decreto.

Dado en Palacio a 18 de junio de 1851.—Está rubricado de la Real mano.—El Presidente del Consejo de Ministros, *Juan Bravo Murillo*.

3.2. Primera Epoca: Los Reconocimientos de Rafo y Ribera  
y la construcción del Canal. 1.848-1.866.

Ya he indicado que los reconocimientos previos de los proyectos para realizar el Canal de Isabel II, los hizo Rafo, entre noviembre y diciembre de 1.848. En el proyecto definitivo, Rafo se decidió por el trazado "Intermedio" o proyecto Villanueva, pero incrementando la línea hasta el Pontón de la Oliva, o bien hasta Buitrago, para que el desnivel entre la toma y Madrid fuese el conveniente.

El único problema que se presentaba era la gran cantidad de arroyos y quebradas que tenía que atravesar la conducción, que en la Memoria de 1.848 se justifican "porque se hacen en terrenos convenientes y lejos de presentar un coste excesivo se consigue economía y mayor perfección en el proyecto" (1).

Se decidió definitivamente por escoger la línea del Pontón de la Oliva. El proyecto hacía partir la conducción de Chamberí, siguiendo la línea Villanueva hasta Guadalix, cruzando el río por el Salto del Hervidero, atravesando la garganta por un acueducto; los 50 Km aproximados que recorre hasta Guadalix son de terreno arenoso o arcilloso, de aquí la facilidad que tenía para hacer conducciones. A partir de este río, el terreno es pedregoso, al Sur del Molar, después recorre una zona de barrancos hasta llegar al Arroyo de Carrascalejo, siguiendo después un terreno fácil, en los arroyos de Zurita, Los Olivos y EL Espartal, pasa cerca de Redueña y cruza el arroyo de la Malacuera, marchando hacia Torrelaguna, en su camino atraviesa los arroyos de San Román, Patones, Las Cuevas y Valdeontales.

La línea llega al Pontón de la Oliva que se halla

a 75 piés de altura del punto de partida (154 m), aproximadamente a 77 Km de longitud con pendiente de dos diezmilésimas (2).

Una vez presentado el trabajo en forma de memoria por Juan Rafo y Juan de Ribera, se retrasó el comienzo de las obras hasta 1.851, en espera de que el Ayuntamiento o una empresa concesionaria se encargara de la construcción de las mismas. Bravo Murillo dictó el decisivo Real Decreto de creación el 18 de Junio de 1.851, como Presidente del Consejo de Ministros, en el que se disponía que el Gobierno realizara la ejecución de aquellos trabajos por medio de un canal derivado del río Lozoya que se denominaría Canal de Isabel II.

El coste de las obras se pensó que sería de 20 millones de pesetas, contando con 5 millones el Estado y 4 el Ayuntamiento, que participaba con derecho a ciertas láminas de agua, por otro lado había capital privado que lo hacía, o bien con láminas de agua, o bien con dinero a reintegrar, a un interés del 6 %, también participaba la Reina con 4 millones de reales, de este modo el 24 de Junio de 1.851 la suma recaudada era de 32,9 millones de reales (3).

El consejo de administración lo formaban tres vocales del gobierno, uno actuaba como presidente, tres concejales del Ayuntamiento, uno de ellos el Alcalde, tres representantes de los propietarios de láminas o suscriptores, y el director facultativo, en suma una empresa de tipo mixto, formula que ha perdurado hasta hoy, con más o menos variaciones, entre las que se cuentan, ser un departamento dependiente del Ministerio de Fomento, o ser un organismo autónomo, o bien tener un consejo de administración público, con personalidades privadas, representantes de las Camaras de Comercio, etc.



La primera piedra de las obras la colocó el Rey consorte Don Francisco de Asís el día 11 de Agosto de 1.851. La comitiva regia salió de Madrid a las tres de la mañana, dirigiéndose al Pontón de la Oliva. A este acto habían sido invitados los altos funcionarios de Palacio, el Cardenal de Toledo, los Ministros, El Consejo de Administración, los presidentes de las Cortes y los representantes de las corporaciones populares (3).

El 24 de Agosto de 1.852 (4) ya se pensaba construir el depósito menor o Primer Depósito en el Campo de Guardias, por ser más a propósito para la distribución de cañerías que el inmediato a la fuente castellana designado anteriormente.

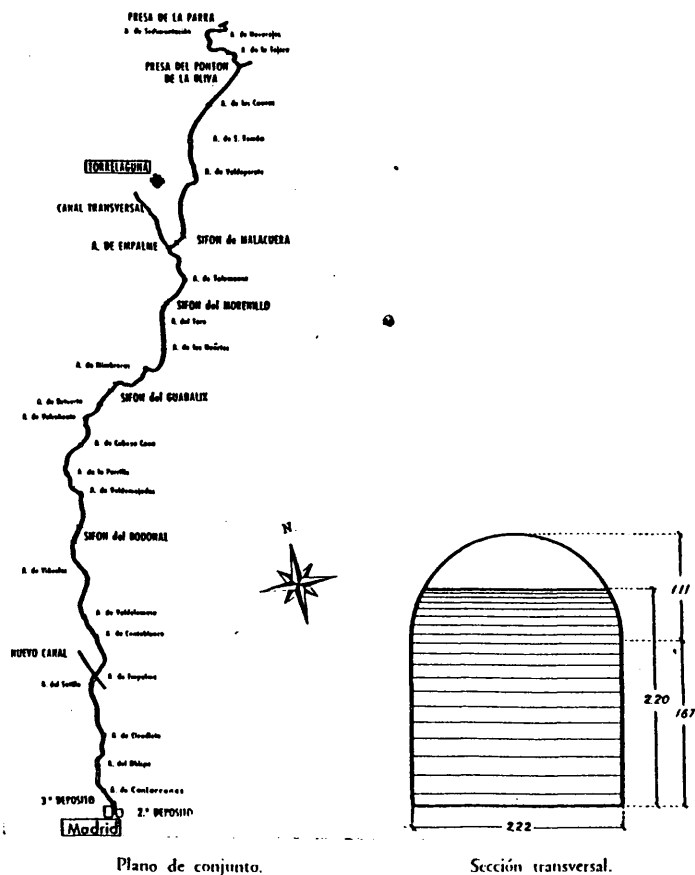
El día 4 de Noviembre de 1.852 trabajaban en el Canal 1.200 hombres, entre presidiarios y hombres libres. La cifra máxima de obreros que dá el Canal en el Pontón fue de 1.500 presidiarios y 200 hombres libres, ayudados por 400 bestias y 4 bombas de vapor, aunque el 21 de Mayo de 1.853 los diarios madrileños, según Agulló Cobo, dan 2.000 presidiarios y un gran número de obreros gallegos, que se habían contratado huyendo del hambre que azotaba su región.

El cólera de 1.855 produjo la huida de la mayoría de los trabajadores, y por último los temporales y riadas hicieron que sólo con la férrea voluntad de los directivos y el elemento obrero pudiera llegar el agua a Madrid.

El 17 de Noviembre de 1.856 se hallaba terminado la mitad del depósito que se contruiría en el Campo de Guardias, que fue cubierto con arena para que el público pudiera transitar como antes de la obra, según los cronistas de la época.

El 21 de Enero de 1.856 se abría una zanja par colocar los sifones de hierro que harían llegar las aguas al depósito que era terminado el 27 de Enero, comenzando a construirse una fuente, que perdura, en el centro del costado del mismo. Su capacidad era de  $58.000 \text{ m}^3$ . El día 20 de Noviembre de 1.856 se bendecían las aguas en su llegada al primer depósito.

En definitiva el trazado del Canal Bajo o Antiguo, y su sección es la que se puede apreciar en el gráfico:



Aunque en este dibujo aparezcan el 2º depósito, el canal transversal, el de la Parra, etc, que son posteriores.

Otro de los hechos significativos de la traída de aguas a Madrid, fue la necesidad de tener una completa y detallada nivelación "del suelo todo que comprende esta población, para poder formar, desde luego, una primera idea de la distribución general, y más adelante completar su estudio detallado con los accidentes y variantes a que pueda dar lugar esta distribución en una tan extensa población como Madrid" (5).

Para realizar la nivelación se eligió un punto bajo, para evitar las cotas negativas. El punto elegido fue el de las aguas bajas del Manzanares en el puente de Toledo, se niveló hasta la puerta de Toledo y desde ésta se trazaron tres ejes fundamentales desde los que se fue completando la ciudad. Hechas las nivelaciones se trazó el primer plano topográfico de Madrid (Plano adjunto), que viene expresado en pies castellanos (pies de la Vara de Burgos) con escala 1:12.500.

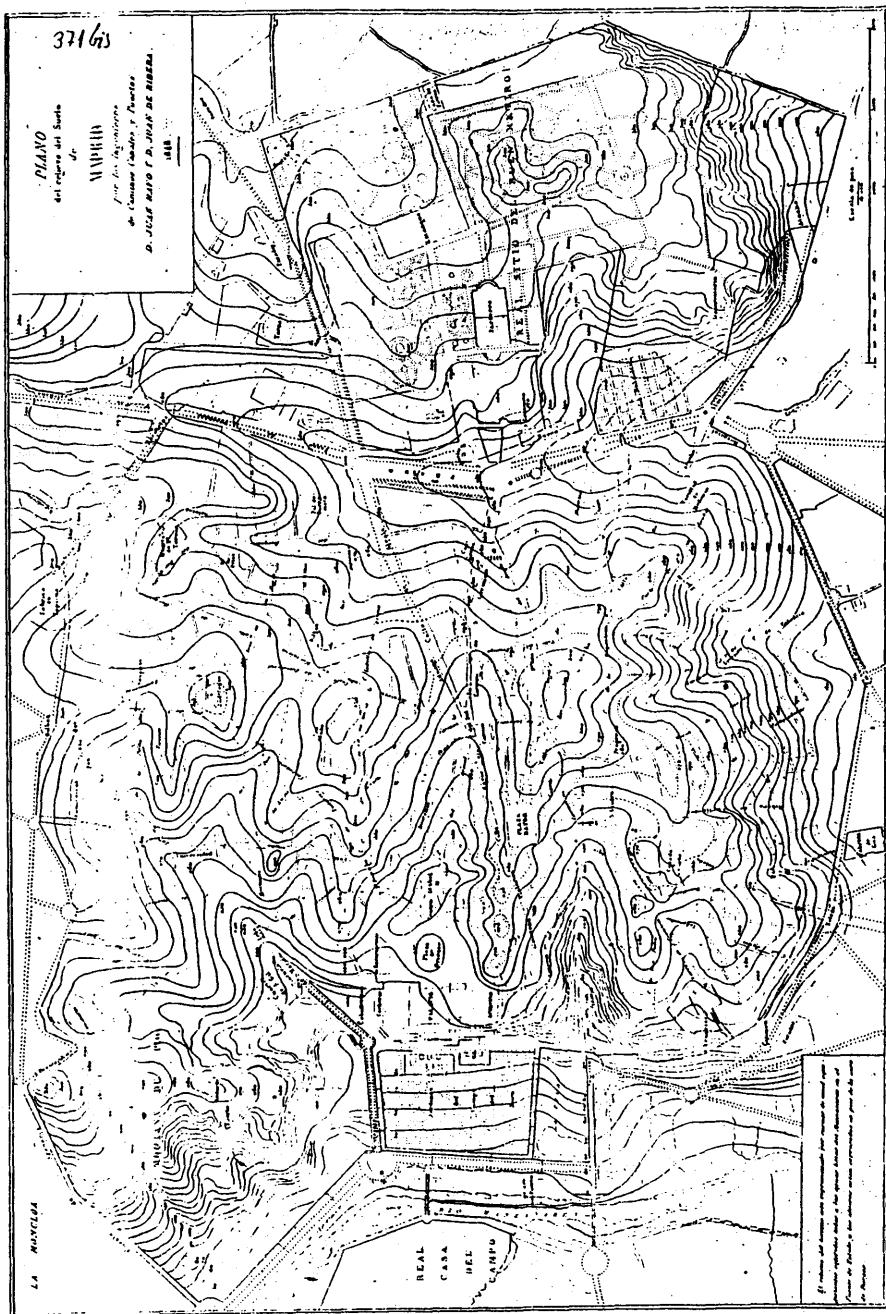
La complicación más importante, fue la que provocó la presa del Pontón de la Oliva, ya que la garganta donde se ubicó la presa, era de calizas cretácicas (facies Pontón de la Oliva), con una carstificación bastante considerable, en el que aparecieron siete cavernas con centenares de metros, y una mayor que resultó insondable con los medios de la época. Según la Memoria 1.929-30 (6). Como la presa economizaba muchos kilómetros de Canal en túnel caro y lento (era una época en la que los canales de fundición no estaban desarrollados, así como su transporte, pues el ferrocarril o no existía o no estaba desarrollado), los canales había que hacerlos a pico y con pólvora, excavando la roca y esto resultaba más caro que realizar una presa en condiciones difíciles.

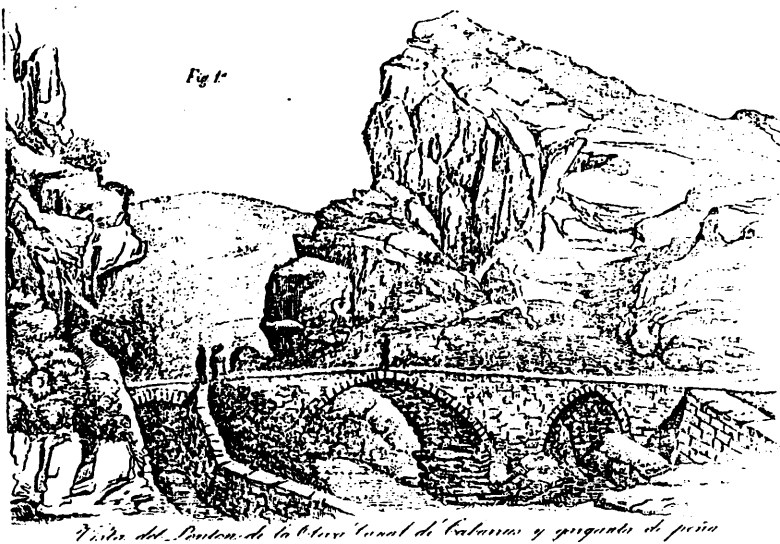
Se trató por tanto, de atajar las filtraciones que pudieran aparecer en la construcción, para descubrir el fondo del río. se abrió a lo largo de lo que iba a ser la presa, en anchura 50 m., una excavación tan grande que hubieran cabido media docena de casas de la Puerta del Sol.

En 1.854, escasearon los recursos, se marchó el personal especializado, perdiéndose obras y materiales. Se reorganizó el trabajo en 1.855, pero apareció el cólera. En septiembre desapareció la epidemia, pero vinieron una serie de temporales cuyas riadas se llevaron parte de las obras. Por otro lado, las fiebres eran constantes. Por último aparecieron las filtraciones y el Ingeniero Lucio del Valle (7), trató de eliminarlas: "El día 18 de Octubre de 1,854, a corta distancia de la presa apareció un hervidero de agua, tan abundantes, que no sólo absorbía el agua aportada por el Lozoya, sino que hizo descender el nivel del embalse. El caudal de salida era de 3,38 m<sup>3</sup>/seg. y una vez que se halló el punto por el que salía el agua del embalse, se arrojaron piedras, ramas y sacos de arcilla, reduciendo la salida de las aguas, y logrando que la presa volviese a verter por la coronación. El valor del caudal que salía por la fisura era de 0,7 m<sup>3</sup>/seg. El invierno de 1,855 impidió ver la marcha de las filtraciones, pero en julio de ese mismo año, cuando la disminución de las aguas del río permitió observar las que iban por la parte inferior, se halló en ellas un aumento tan considerable, que hizo sospechar que había otra boca además de la del año anterior.

El paso siguiente fue tratar de volver a eliminar la filtración con piedras, gravas y arcillas, pero esto no fue suficiente, a pesar de que se formaron terraplenes de arcilla en el fondo del embalse. Por fin, se descubrió que la salida de aguas era única, lo que hizo suponer que sólo había una grieta o fisura. Este hecho se confirmó, y,

# CONDUCCION DE AGUAS A MADRID

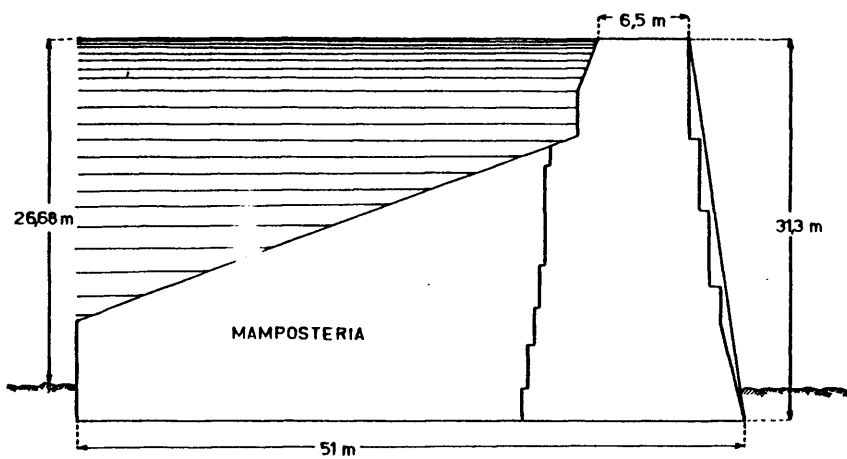




*Vista del Pontón de la Oliva Canal de Calatayud y garganta de presa*

Fuente: Canal de Isabel II.

#### PRESA DE EL PONTON DE LA OLIVA



Fuente: Canal de Isabel II.

para eliminarla se realizó una mina, recubriéndose las grietas con mortero hidráulico. Pero al mismo tiempo se descubrieron nuevas grietas dentro de la fisura general y una oquedad por la que salía un caudal de 15.512 reales fontaneros ( $0,6 \text{ m}^3/\text{seg.}$ ), como resultaba peligroso operar dentro del agua, primero se hizo una compuerta dentro de la oquedad, y ante el peligro que ofrecía se tuvo que destruir y realizar pequeñas compuertas dentro de la cueva que redujeron la corriente hasta casi extinguirla, se macizó la oquedad, una vez eliminada la fuga, con mampostería hidráulica. Después de todo, el caudal arrojado aguas abajo de la presa era de 1.650 reales fontaneros o 62 l/seg. que no se consideraban importantes.

La presa del Pontón de la Oliva, (figura adjunta) es de mampostería, de 70 m. en la coronación, 27 m. de altura en el paramento aguas arriba, y 31,3 m. en el vertedero aguas abajo, tiene 6,5 m. de ancho en coronación y 51 m. de ancho en la base. Vierte aguas por coronación, y, según Lucio del Valle, este hecho no afectaba el paramento aguas abajo de la Presa.

De cualquier forma las filtraciones no desaparecieron por completo y como la toma de aguas se había llevado a Navalejos, aguas arriba de la presa del Pontón de la Oliva, esta quedó como un recurso auxiliar. Mientras que se alcanzaba la toma ocasional de Navalejos se dió agua a Madrid con una toma ocasional del río Guadalix.

El importe de las obras de la primera época, incluidas las de fábrica del segundo depósito del Campo de los Guardias fue de 52.903.347 pts.

La inauguración oficial tuvo lugar el día de San Juan, 24 de Junio de 1.858, en la calle Ancha de San Bernardo, ante la iglesia de Monserrat, ya que el depósito se termi-

no de construir el 27 de Enero de 1.858 y el 18 de Mayo, comenzaba la construcción de la fuente monumental que sirvió par la inauguración de la traída de aguas.

La ceremonia se realizó a las cinco de la tarde, ante la presencia de la Reina Isabel II y el Rey consorte, el gobierno de la Nación en pleno, presidido por Istúriz, al parecer, D. Juan Bravo Murillo, asistió, pero no como presidente del Consejo de Ministros, sino como *un* invitado mas, también asistieron las corporaciones locales, poetas, artistas, etc.

El dispositivo (8) que hizo funcionar la fuente fue instalado por D. Lucio del Valle, que hizo accionar el mecanismo por orden de la Reina, el agua salió con fuerza, vertical, tal como se puede ver en las litografías del Arichivo del Canal, y este hecho hizo afirmar a algún escritor que se trataba de un río puesto en pie, (Fernández y González), como detalle anecdótico se colocaron tribunas para el público y el precio de la localidad fue de 80 reales.

Una vez que se inauguró el Canal, se desmontó la fuente de la Calle de San Bernardo y comenzaron las obras de creación de la red que he descrito en otro capítulo, así como los 17 Km. de Arterias de Riego (canalillos) para regar las huertas de los alrededores de Madrid.

En 1.866 se termina la Primera Epoca del Canal de Isabel II, con los trabajos de construcción del segundo depósito de la calle Santa Engracia.



Notas 3.2.

- (1) Memoria 1.848. op. cit. pág 51.
- (2) CANAL DE ISABEL II: "Memoria 1.946-50" op. cit. pág 31.
- (3) AGULLO CABO, M.: "Madrid en sus diarios" Tomo II. 1.845  
1.859. Instituto de Estudios Madrileños. Madrid, 1.965. Voz Ayuntamiento.
- (4) AGULLO CABO, M.: "Madrid en sus diarios" op. cit. Voz  
Ayuntamiento.
- (5) Memoria 1.848. op. cit. pág. 145.
- (6) BELLO POEYUSAN, S.: "Información del Canal de Isabel II"  
Exposición Iberoamericana de Sevilla. Madrid.  
1.929-30. pág X.
- (7) VALLE, Lucio del: " Memoria sobre las filtraciones del  
Lozoya, cerca de la Presa del Pontón de la  
Oliva y medios empleados para cortarlas". Canal  
de Isabel II. Madrid, 1.857. 40 pág.
- (8) CABEZA, J.A.: "Bravo Murillo" Canal de Isabel II. Madrid, 1.974. pág 114.

Apéndice 3.2. 1ª Etapa.

El gran crítico madrileño de la época, el político Fernández de los Ríos, describe la situación de la creación del Canal y el período siguiente con gran lujo de detalle, por lo que he introducido estas opiniones a modo de Apéndice.

FERNANDEZ DE LOS RIOS, A.: "Gufa de Madrid". Madrid Abaco. 1.976, 3ª Edición. pág 404 y ss.

Como la necesidad apretaba de día en día, se volvió al sistema de nombrar personas científicas que emitiesen su opinión sobre la materia, después de practicar los convenientes estudios. Fueron entonces comisionados los señores D. Juan Rafo y D. Juan Rivera para que analizaran el antiguo proyecto de Barra y adaptado con algunas modificaciones por D. Pedro Cortijo, ingeniero, autor también de una Memoria en que se proponía aprovechar las aguas del Manzanares por medio de una rueda hidráulica.

Los señores Rafo y Rivera hicieron sus estudios y nivelaciones, y en 1.848 publicaron una memoria demostrando la posibilidad de traer a Madrid aguas del río Lozoya por medio de un canal. En junio de 1.851 se mandó proceder a la ejecución de las obras necesarias, admitiendo la participación en la empresa del Ayuntamiento y de los particulares. Procedióse al estudio del río Lozoya, que nace en el Puerto de Peñalara, levantándose el plano topográfico de su cuenca desde Buitrago hasta la confluencia con el Jarama, en una extensión de más de seis leguas.

El gobierno había fijado como presupuesto para la construcción del canal ochenta millones, habiendo este de conducir 10.000 reales fontaneros de agua (11,8 Hm<sup>3</sup>/año),

(cifra que no se consigue hasta 1.875 con más infraestructuras), añadiendo " los reconocimientos practicados en el río demostraron que sin gran sacrificio, podía aumentarse a 60.000 reales fontaneros ( $71 \text{ Hm}^3/\text{año}$ ), el caudal de agua, (cifra que no se consigue hasta 1.925), empleando el sistema de depósitos donde se recojan las aguas sobrantes en los meses de abundancia para que compensen los de escasez. El Lozoya, tan tortuoso, que siendo la distancia en línea recta desde el Pontón de la Oliva de 18 Km. llega a 45 siguiendo la margen del río, presenta en su cuenca angosturas que por la naturaleza del terreno han podido servir para embalsar el agua en presas convenientemente ejecutadas. De la nivelación del terreno entre el Pontón y el sitio en que estaba la Puerta de Santa Bárbara, resultó que las aguas bajas del río en el primero de estos sitios están 26, 46 metros (95 pies) más altas que el umbral de la derribada puerta.

Para depósitos de recepción se eligió un punto que siendo 50 pies mas alto que dicho umbral, elevación necesaria para que el agua pudiera después elevarse a los pisos más altos de las casas de Madrid, fuese el punto de partida para fijar la dirección del canal longitudes y pendientes y determinar la altura a que era preciso elevar por medio de una presa la superficie del río para hacer la derivación. Estudiose el terreno que media entre el Pontón y Madrid, y se vió que era imposible el trazado del canal de otro modo que atravesando las divisorias y vaguadas por grandes cortaduras, sifones y acueductos. Utilizando sifones en las vaguadas amplias y obra de fábrica (acueductos en las vaguadas estrechas). La longitud es de 70,04 Km, y la pendiente de 1: 5.000, la cual se aumentó en las minas y acueductos que tienen 1:1.500.

La obra más importante es la del Pontón de la Oliva.

donde el río presenta su mayor cuenca, y también la más próxima a Madrid. Su fondo y laderas son de peña caliza de gran dureza. El perfil transversal de la Presa tiene de base 50 metros, la coronación 5,56 metros y su altura 30,62 metros; toda la presa es completamente maciza para que no se debilite su fábrica; el paramento de caída está formado de planos verticales de sillería y tiene un espesor de 8 metros. La obra empezó el 11 de Agosto de 1.851.

Después de la presa, los primeros trabajos que llaman la atención son el aliviadero y las minas de toma de agua; para formar ésta se taladró la roca caliza de la ladera derecha del río, trabajándose también en la ladera izquierda para construir el aliviadero de superficie. Llevándose la obra de la presa sobre una roca compacta y siendo su paramento exterior de piedra caliza cuidadosamente labrada, aunque las aguas del río se derramen por encima de la presa el deterioro que causa su acción será imperceptible, pero como esta acción ha de ser constante para mayor duración de toda la obra se dispuso construir el aliviadero o desagüe de superficie que está en la ladera izquierda del río y tiene capacidad para dar paso a  $150 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , o lo que es lo mismo a 4 millones de reales fontaneros. Sólo cuando el caudal del río exceda de esta cantidad es cuando podría derramarse por encima de la presa. Mientras, se necesita que el depósito esté lleno, el aliviadero se mantiene cerrado por un sistema de viguetas que se abre cuando se quiera dar salida a las aguas sobrantes.

Viene después la mina de toma de aguas, que tiene 62 metros de longitud; a su salida hay un edificio que se ha colocado en sistema de compuertas destinadas a graduar con toda exactitud y facilidad la cantidad de agua que ha de llevar el canal. Debajo de la mina de toma de aguas está la de limpia y desagüe de fondo; dos grandes compuertas colocadas a los extremos de esta mina y maneja-

das desde lo alto de los pozos, permiten o interceptan la salida de agua. Levantadas estas compuertas, la mina da paso aproximadamente a unos 80.000 reales fontaneros, cantidad enorme, que se debe a la carga de 9 metros de agua que median entre el fondo de la misma y su coronación.

Está después el sifón de Malacuera, que tiene por objeto conducir las aguas del canal de una o otra ladera de la vega de Torrelaguna, evitándose por este medio la construcción de un gran puente de 840 m. de longitud y 40 metros de altura, que hubiera sido de extraordinario coste. En la ladera izquierda hay una casa de compuertas donde se recogen las aguas del canal entrando en cuatro tubos de hierro de 0,92 m. de diámetro, que descendiendo hasta el fondo del río, vuelven a subir por la ladera derecha para verter sus aguas en una segunda casa de compuertas semejantes a la anterior. En el fondo del arroyo los tubos están sostenidos por un puente de 5 arcos rebajados de tres metros de abertura por los cuales pasa el agua del arroyo.

El sifón de Guadalix se halla aproximadamente a la mitad del canal, tiene 356 m. de longitud y 53,6 m. de profundidad; ente varios acueductos que empiezan en Colmenarejo, el más importante es el de este punto que consta de 15 arcos, su altura total 19 m. y su longitud 116 m. Comprende además el gran sifón que salva el arroyo de Bodoñal, el mayor de toda la obra, cuya extensión es de 1430 m. con cuatro tuberías y descarga a 37 m. por bajo del canal, sigue el de Valdealeas cuya longitud es de 120 metros, 17 de altura. A distancia de 800 del depósito de recepción está la casa del partidior, en la cual se dividen las aguas en tres ramales: los dos laterales destinados a surtir las acequias de riego, el central en comunicación con el acueducto de villa; a inmediación del depósito hay una pequeña casa llamada de bifurcación, por dividirse en ella el acue-

ducto en dos ramales que corresponden a cada una de las divisiones del depósito.

Tiene éste la forma de un rectángulo de 86 m. de latitud, 126 de longitud y 5,85 de altura hasta el arranque de las bóvedas; está dividido en dos compartimentos iguales con 242 pilares cada uno, sobre los cuales descansan 11 hileras paralelas de arcos en que estriban las bóvedas que forman la cubierta. Sobre ella y por el lado sur se ha formado un agradable jardín.

Desde 1.851, en que se inauguraron las obras, hasta fines del 52 la empresa marchó bien; recibiendo sus consignaciones así del gobierno como de los particulares, pero a fines del año 53 y principios del 54 llegó a haber un déficit de 3 millones de reales, que paralizó los trabajos y ocasionó un deterioro y pérdida de materiales acopiados y de obras que estaban concluidas.

En 15 de Agosto de 1.854 se mandó proceder a la ejecución de un presupuesto exacto en que se comprendiera no sólo la ejecución de aguas al depósito sino su distribución por Madrid, el sistema de alcantarillado y las acequias de riego.

Las Cortes Constituyentes de 1.855 aprobaron una ley autorizando la emisión del número suficiente de acciones para obtener la cantidad de 65 millones de reales que se consideraban necesarios, concediendo un crédito de 4 millones anuales e imponiendo un recargo en los derechos de puertas de Madrid. Esta ley cambió por completo el estado de las cosas; los trabajadores continuaron y la vida volvió allí donde sólo había tristeza y paralización.

En octubre de 1.854 apareció a 50 piés de distancia, aguas abajo de la presa, una gran fuente que brotaba

de entre las grietas de la peña caliza que forma la margen derecha del río. En 1.855, bajo la dirección del ingeniero D. Lucio del Valle, se empezó a combatir la filtración por medio de terraplenes de arcilla, y en 1.856 las aguas retrocedieron al embalse.

Por último el 24 de Junio de 1.858 se verificó la inauguración, apareciendo por primera vez a las ocho y media de la tarde las aguas de Lozoya dentro de Madrid en la fuente provincial colocada al final de la calle Ancha de San Bernardo en un surtidor que se elevaba a unos 90 piés.

No por eso aseguró Madrid el servicio de su consumo de aguas, aún después de tantos sacrificios, y, para lograr este resultado se resolvió formar un

Nuevo Depósito: A los 14 años de la inauguración del canal se emprendió la construcción del depósito, separado sólo del primitivo por la carretera de Francia.

Las razones en que se apoyó esta nueva obra fueron las siguientes: El abastecimiento de aguas de todo gran centro de población se hace siempre de una manera uniforme y continua, es decir, que las obras de conducción de las aguas bien sean acueductos o cañerías, conducen la misma cantidad en las 24 horas de cada día; pero el consumo en lo interior de las poblaciones varía extraordinariamente en los diversos momentos del día, habiendo intervalos en que se emplea una cantidad de agua muy superior a la que al mismo tiempo llega a la población, habiendo otro en que el consumo se reduce a proporciones insignificantes y puede casi anularse por completo; variabilidad inevitable porque se funda en la simultaneidad de las necesidades de los habitantes que utilizan agua. Es evidente que la necesaria para los usos domésticos se emplea en determinadas horas del día y que el consumo por este concepto ha de reducirse notablemente en las demás si'es que no desaparecer; inútil sería dejar correr

durante las altas horas de la noche y las primeras de la mañana las fuentes de adorno; el riego de la vía pública, que exige enormes cantidades de agua se hace en un breve plazo por mañana y tarde; lo mismo sucede con el de los jardines, y hay servicios y atenciones que no se pueden sujetar a días ni horas determinados, pero que piden masas considerables de agua empleadas en breve tiempo, tales son la extinción de los incendios, el arrastre de nieves y lodos y otros. Si las cañerías de distribución en lo interior de una ciudad arrancasen directamente del canal o acueducto que conduce las aguas, escasearía durante ciertas horas del día y sobraría durante otras de la noche, de modo que a pesar de llegar el agua necesaria en las 24 horas, quedarían sin cubrir atenciones muy importantes. Estos inconvenientes evita el depósito interpuesto entre las obras de conducción y las de distribución, que acumula la cantidad suficiente para los usos urbanos si tiene la capacidad interior equivalente al volumen que la población consume cada día. Pero los depósitos de agua prestan además otros servicios; las obras de canalización, por esmeradas que sean, están sujetas a las degradaciones que por la índole de su servicio, por la acción de los agentes atmosféricos y por otras muchas causas se verifican siempre acumulando elementos de destrucción, para reparaciones que puedan ocurrir prestan también grandes servicios los depósitos, que aseguran el surtido de las poblaciones mientras las obras se ejecutan y la conducción de las aguas se paralizan.

Aún hay otro servicio que los depósitos están llamados a desempeñar en Madrid, dadas las circunstancias especiales de la localidad.

La capacidad del primitivo depósito no contiene más que la masa que la población consume en tres o cuatro días vivir a expensas de este depósito, cuando el Lozoya está separado de Madrid por una línea de obras de 76 Km. situada



a través de terrenos muy quebrados y cuajada de túneles y sifones, es vivir bajo la amenaza de carecer de agua durante varios días. Además las aguas potables no deben tener materias en suspensión, condición por que tanto se aprecian las de manantial, que sufriendo generalmente una filtración natural salen a la superficie transparentes y diáfanas.

Ahora bien, el lecho del Lozoya está formado casi exclusivamente de rocas insolubles y las aguas se conservan puras y claras en todo su curso, pero como todas las corrientes superficiales, experimenta crecidas o avenidas que alteran el estado normal de la corriente enturbiando el agua y de tomarla continuamente para el surtido o hay que admitirla turbia o que clarificarla, lo cual es imposible tratándose de una cantidad tan enorme, o que adoptar una tercera solución, ya que las turbias duran pocos días, que consiste en almacenar a la entrada de la población el agua necesaria para el consumo de ella en el período que convenga que el canal no funcione para no recibirla turbia. Todas estas razones aconsejaron la construcción del nuevo depósito que ha de suplir al primitivo, calculado para un consumo que no llegaba a la mitad del que hoy hay en Madrid.

Sus dimensiones son tres veces mayores que las del primero: Madrid podrá luego que esté concluido almacenar en sus puertas el consumo de 8 días, aún suponiendo que la población llegue a todo su desarrollo probable, responde pues el depósito a dos necesidades: proporcionar la mejor calidad de las aguas y asegurar el servicio de ellas. La forma de su planta es también la de un rectángulo cuyo lado mayor, paralelo a la carretera de Francia mide interiormente 207,5 metros y el menor 137; es decir, que el agua acupará una extensión de tres hectáreas aproximadamente. Recuerdese que la plaza de la Constitución tiene poco más de una hectárea y se formará idea completa de las dimensiones del nuevo depósito. Sobre los cuatro lados se levantan gruesos muros de

ladrillo para contener las aguas; todos quedan enterrados bajo la superficie del terreno, excepto el que linda con la carretera, cuya mitad superior forma la fachada.

El clima de Madrid no permite dejarle al descubierto; paralelamente a los lados del rectángulo de la planta se han trazado dos series de líneas a distancia de 5 m. y en cada uno de los puntos de intersección de estas dos series se ha levantado un pilar de piedra berroqueña: así se han situado 1.040 pilares en el interior de la obra, que suministran otros tantos puntos de apoyo para cubrirla; cada pilar consta de tres piedras, todas de base cuadrada y de una altura en junto de cuatro metros; sobre ellos, por arcos de medio punto se establecerán los planos de arranque de una serie de bóvedas de ladrillo con una capa de tierra que formará el piso superior del depósito.

Un acueducto que arranca del canal de conducción y penetra por el ángulo N.O. servirá para la alimentación, cuya regulación se hará en el interior de un pabellón construido en el punto de entrada; la salida para Madrid se efectuará por dos grandes cañerías de 0,85 metros, que se enlazarán en la carretera de Francia con los dos de igual capacidad que salen del otro depósito; un muro transversal divide éste en dos compartimentos iguales, permitiendo dejar en seco uno de ellos. La altura del agua será de 6,67 m. y la capacidad de unos 180.000 metros cúbicos; por su tamaño y condiciones de ejecución este monumento hidráulico será digno de figurar en primera línea entre todos los de su clase en Europa.

Se abren sin embargo dos hechos prácticos desconso-  
ladores: de año en año va siendo mayor la frecuencia con  
que a pesar de la ventaja de los depósitos, la población de  
Madrid se ve obligada a la menor avería a beber agua escan-

dalosamente turbia: de día en día van aumentando las quejas contra una empresa, que siguiendo el ejemplo de tantas otras de nuestro país, pone tan en primer término sus intereses particulares, y que, a los 17 años de inauguración del canal, tiene 33 barrios sin fuente de vecindad, entendiendo que así obliga más a los propietarios a surtir sus casas de agua.

FERNANDEZ DE LOS RIOS, A.: "El futuro de Madrid"  
reedición en los libros de la Frontera. Madrid. 1.975. Pág  
235 y ss.

El Canal del Lozoya fue proyectado con capacidad suficiente para conducir hasta 72.000 reales fontaneros de agua, de los cuales 8.000 eran destinados al abastecimiento interior y el resto al riego de los campos en una extensión de 6.000 fanegas de tierra.

Todo el mundo recuerda el júbilo que produjo la inauguración de las obras en 1.851 y el de 1.858 al ver el agua en San Bernardo.

Pero al poco tiempo se recuerda con dolor que este caudal, de quien se esperaba la salud, el recreo, la policía y la riqueza había huido por grietas.....

Las considerables filtraciones del Pontón de la Oliva harían inútil por entonces el pensar en el riego de los campos de Madrid, puesto que en algunos años el Lozoya no proporcionaba en el estío más agua que el necesaria para el surtido interior. Era preciso extinguir aquellas filtraciones.

En el trabajo se han consumido seis años; las obras de traída de aguas cuya duración se había calculado en cinco, y su coste 80 millones de reales, han consumido diez y seis años y 200 millones; pero el día 8 de Octubre de 1.865,

las difíciles operaciones a que nos referimos estaban terminadas y el gran pantano del Pontón de la Oliva se mantenía constantemente lleno, formando un hermoso lago de seis Km. de longitud, con anchura en algunos puntos de más de 200 metros y con un volumen de agua disponible de más de tres millones de metros cúbicos, con los cuales pueden regarse 1.000 Has, en los meses que escasean las aguas del Lozoya.

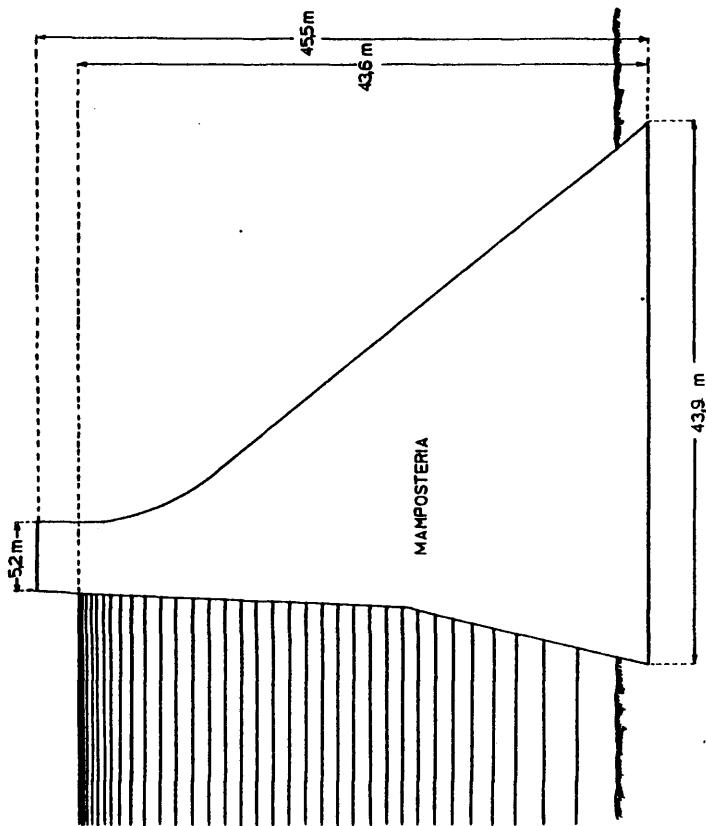
### 3.3 Segunda Etapa. 1.866-1.907.

La Segunda Etapa del Canal de Isabel II, comienza con un Real Decreto de 22 de Enero incorporando la administración del Canal al Ministerio de Fomento, queda por tanto reducido a una oficina del Ministerio. Su recaudación ingresará en el tesoro público, sus gastos se atenderán a las inflexibles cifras del presupuesto anual del Ministerio. Esto durará cuarenta y un años.

Para formar el reglamento del Canal de Isabel II y proponer el orden y circunstancias de las obras que aún faltan por ejecutar, se ha nombrado una comisión compuesta por los inspectores generales del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos, D. Javier de Ribera, como presidente; D. José Subercase, D. Eugenio Barrón, y de los ingenieros Jefes de primera clase D. José de Morer y D. Gabriel Rodríguez que hará de secretario. (1)

Los ingenieros Morer y Boix (Elzeario), proyectaron y ejecutaron la presa de El Villar, cuya construcción duró desde el 10 de Noviembre de 1.869 hasta 1.882. Ubicada en un estrecho valle rocoso, fue la primera presa de gravedad que se construía en Europa. Esta situada 22 Km. aguas arriba de la de Navalejos, que sustituyó a la del Pontón de la Oliva. Su capacidad es de 24 Hm<sup>3</sup> hasta la cota de 44 m. y tiene 7,6 Km. de longitud de embalse y perímetro de 19,5 Km., con 45,5 m. de altura en el paramento aguas abajo, 43,9 m. de anchura de base y 5,2 m. en la coronación. Su volumen de fábrica es de 49.000 m<sup>3</sup>. Tiene 5 torres, tres para desagües y dos para tomas, con un total de 18 compuertas y 6 tubos de 30 cm, también posee aliviaderos y desagües en el lateral derecho y en coronación. Está construida en mampostería con mortero de cal. Las presas de gravedad fueron preconizadas 30 años después en Europa y América como las más procedentes.

PRESA DE EL VILLAR



388.

Fuente: Canal de Isabel II.

La presa de El Villar era necesaria para almacenar las aguas del deshielo en primavera y darlas al consumo en verano.

Otra de las obras que se terminaron en esta época fue el segundo depósito, del Campo de los Guardias, entre Bravo Murillo y Santa Engracia. De forma rectangular, tiene una capacidad de 183.000 m<sup>3</sup>, de pilares y arcadas de ladrillo, con dos compartimentos, el del Norte que entró en servicio en 1.876 y el del Sur que lo hizo en 1879 (2).

Las obras de este depósito, habían empezado en la Primera Epoca, el 23 de Enero de 1.863 se subastaron en pliegos cerrados, en el local del Consejo de administración del Canal de Lozoya, la excavación del terreno sobre el que ha de fundarse el nuevo depósito, el presupuesto era de 766.278 reales y 60 cts., el 8 de Abril del mismo año comenzaron las obras de vaciado que pronto quedaron interrumpidas.

El 8 de Enero de 1.867 se reemprenden las obras de construcción del segundo depósito y en abril comienzan los vaciados, terminando las obras en 1.876 y 1.879 como he dicho anteriormente.

En la actualidad este depósito tiene una cubierta de césped de poca necesidad de agua y sobre suelo pobre para evitar las filtraciones hacia el interior.

Este período está escaso de grandes obras, salvo la Presa de El Villar, el segundo depósito y la presa de la Parra, ya que, por un lado la situación administrativa del Canal, ligada al Ministerio de Fomento y por otro la guerra colonial de Cuba y Filipinas, dejaban pocas po-

sibilidades para la construcción de nuevas estructuras. Este hecho repercutió de forma notable en el consumo, ya que por un lado las aguas turbias y por otro las sequías, en una ciudad de 500.000 habitantes dejaron al Canal en una posición, o con su prestigio como institución, algo resentida.

La obra fundamental del sistema durante este tiempo fue sin duda la presa-vertedero de la Parra, que se construyó dos kilómetros aguas arriba de la de Navalejos, ya que esta era atenuada por el arroyo de Robledillo que provocaba las aguas turbias, pues no existían sistemas de decantación, ni canales de aguas turbias ni ningún sistema que eliminase los lodos. Estas aguas turbias eran objeto de las quejas constantes del vecindario, las primeras que he recogido se produjeron en 1.865 por parte de los vecinos de Lavapies. Sin embargo, se continuaron hasta casi fin de siglo, por ejemplo el 14 de Septiembre de 1.870, La Epoca (3) publica la siguiente noticia: "Hace 15 días que las aguas de Lozoya que surten las fuentes de Madrid vienen tan encenagadas que es imposible beberlas". Estas quejas se repiten el 9 de Febrero de 1.871, el 14 de Octubre de 1.875, el 9 de Julio de 1.878. Incluso hubo conferencias sobre "La Turbia Lozoya" el 10 de Noviembre de 1.899, pero a partir del 78 cesan casi por completo. Normalmente iban dirigidas al Ayuntamiento, y en alguna ocasión las protestas procedían de la Cámara de Comercio e Industria de Madrid.

La presa de la Parra tenía 38,3 m. de longitud y 5 de altura, y fue proyectada por D. Diego Martín Montalvo, éste ingeniero proyectó la red del barrio de Salamanca, el Canal Transversal y un avance del proyecto del Canal Alto.

Hacia 1.886 se proyectaba el tercer depósito, en-



contando una fuerte oposición entre los vecinos y propietarios de terrenos donde debía abrirse, por sus pretensiones exageradas.

El tercer depósito tuvo unos comienzos difíciles, se pensó hacer el mayor depósito del Mundo, utilizando una técnica nueva como era el hormigón armado, (El Canal ha sido siempre una institución que aplica todas las innovaciones técnicas en sus instalaciones con una antelación importante).

El hecho es que la cubierta de hormigón armado era harto estricta cuando se conocía escasamente esta clase de material. Además carecía de las previsiones que luego fueron seguidas por la práctica. Y aquella tapa enorme, sin precedente de 70.000 m<sup>2</sup> se dilató con el calor, rompiéndose y se derrumbó el 6 de Abril de 1.905, ocasionando numerosas víctimas.

La falta de agua se hace patente en los años finales del siglo XIX, hacia 1.887 aparecen las primeras quejas por la falta de agua, en 1.892 se comienza a ver la posibilidad de traer agua del Jarama. El 24 de Abril de 1.896 Madrid se queda sin agua, hecho que se va a repetir durante todo el verano hasta octubre, también desde el 10 de Julio hasta el 12 de Octubre de 1.899 la sequía y la falta de agua va a ser uno de los temas de conversación obligados en Madrid.

Hacia 1.881 comienzan las primeras tentativas por parte del Ayuntamiento de Madrid para que el Canal pase a ser propiedad municipal, las gestiones duraron desde el 22 de Junio al 29 de Julio y fueron llevadas por D. José Abascal, y como es lógico fracasaron.

Aparece con el siglo un hecho nuevo, y es el abas-

tecimiento de agua a la ciudad por parte de la iniciativa privada. Paralela al Canal de Isabel II. Surge la Hidráulica Santillana, y con ella la competencia, que va a determinar un nuevo cambio en la estructura del Canal y los problemas de la tercera época, que duraran casi hasta nuestros días.

Notas 3.3.

- (1) AGULLO COBO, M.: "Madrid en sus diarios" op. cit. año 1.867. Voz Ayuntamiento.
- (2) BELLO POEYUSAN, S.: "Información del Canal de Isabel II". op. cit. pág XII.
- (3) AGULLO COBO, M.: " Madrid en sus diarios". op. cit. 1.870. Voz Ayuntamiento.

#### 3.4. Tercera Epoca. 1.907-31.

Este período se podría denominar de "Polémica" entre el Canal de Isabel II y la Sociedad Hidráulica Santillana.

La situación del Canal, era bastante rígida, funcionaba como una oficina pública, dependiendo de los Presupuestos Generales del Estado. Ante la competencia creada por la concesión otorgada al Marqués de Santillana para la traída de agua a Madrid desde el río Manzanares y su aprovechamiento hidroeléctrico, el Ingeniero Director del Canal de Isabel II, Álvarez Cascos, propugnó tenaz y, al cabo, logró la Ley de 8 de Febrero de 1.907 refrendada por el Ministro de Fomento González Besada que instauró el régimen que ha durado hasta casi la actualidad del Canal de Isabel II, al primitivo modo de Bravo Murillo, confiándole a un consejo de Administración presidido por un comisario Regio y dependiente del Ministerio de Fomento; autorizándole para ingresar en su caja los cobros por agua y, demás recursos, como los que obtuviere levantando fondos, y autorizándole asimismo para pagar con dicha caja los gastos de explotación, y los de las suspiradas nuevas obras e instalaciones. (1)

A pesar de este nuevo sistema de administración del Canal, que se reconoció como muy beneficiosa y que se complementó con un Real Decreto autorizando al Canal de Isabel II para emitir cédulas por valor de 20 millones de pesetas con destino a las obras aprobadas el día 20 de Diciembre de 1.907, la competencia de la Hidráulica Santillana provocó en el período 1.907-31 el retraso de las obras, y además en fecha más tardía 1.925, el Excmo. Ayuntamiento renovó sus esfuerzos para Municipalizar el Canal.

#### 3.4.1 El Pleito con la Hidráulica Santillana.

La historia del litigio (2) comenzó en 1.900 ( 17 de Abril), porque se promulgó una ley votada en Cortes, por la que se autorizaba al Gobierno de su Majestad para conceder al Marqués de Santillana hasta 3 m<sup>3</sup>/seg. del río Manzanares para usos industriales y para abastecer la zona alta de Madrid que no estuviera suficientemente servida por el Canal. Esta ley no creaba por sí sola derecho alguno a favor del Marqués de Santillana. Autorizado por esa ley, el Ministerio de Fomento otorgó la concesión, el 10 de Enero de 1.904, especificando que los 3 m<sup>3</sup> concedidos se destinarían al abastecimiento de la zona alta de Madrid, riegos y usos industriales.

El día 20 de Octubre de 1.906, una nueva Real Orden aprueba el proyecto puntualizando que, de los 3 m<sup>3</sup>, sólo podían destinarse 1.000 litros/seg. para el abastecimiento de la zona alta de Madrid, entendiéndose que cuando se haga el servicio, la zona esté insuficientemente abastecida con los depósitos que entonces existan del Canal de Isabel II.

El reglamento de servicio fue aprobado por el Ayuntamiento el 22 de Noviembre de 1.907, en cuyo artículo 52 se prohibía la reducción de tarifas por bajo de las del Canal de Isabel II.

Hay que tener en cuenta que el contexto liberal de la época era poco propicio a los monopolios y menos en el abastecimiento de aguas que se considera como servicio público, por este motivo, ninguna institución se decidió en el Pleito por la adscripción de una empresa a la otra. Ni la absorción de la Hidráulica por parte del Canal, ni viceversa, en ambos casos por motivos económicos. En el ánimo de todos estaba sin duda, la libre concurrencia de ambas

empresas al ámbito total madrileño. Pero con ello la empresa perjudicada fue el Canal, ya que el Marqués de Santillana se opuso a toda ampliación del mismo, por los cauces legales, argumentando que la Hidráulica podría suministrar agua suficiente a la zona alta y esto significó la paralización de las ampliaciones propuestas en anteproyecto, en aquella época ya anticuadas.

La concesión de abastecimiento a favor de la Hidráulica no autorizaba la creación de un monopolio. El propio Marqués de Santillana no parecía haberlo creído tampoco cuando, el día 26 de Junio de 1.907, escribía al comisario Regio del Canal, proponiéndole la compra de agua de su concesión, en sustitución de las obras con que el Canal se proponía abastecer la zona alta, pues aparte de no haber en ella mención alguna al monopolio pretendido, en el curso de la negociación con tal motivo entablada, el ingeniero director de su empresa escribía al del Canal, el 14 de septiembre, después de una consulta con el Marqués, indicando la urgencia que había en llegar a una resolución, pues los 300 litros por segundo, de que solamente se trataba entonces, serían destinados, de no llegar a un acuerdo, en la producción de energía que la empresa Santillana se disponía a colocar.

Fracasadas aquellas negociaciones, es cuando el Marqués de Santillana, empieza a insinuar, primero en una instancia dirigida al Ministerio de Fomento el 14 de Diciembre de 1.907, y en continuación en una interpelación en el Consejo el 28 del mismo mes, la existencia del monopolio, que todavía no defiende, como derecho, pero al cual aspira por razones que considera de equidad.

La reclamación fue resuelta, por Real Orden de 24 de Abril de 1.916, en el sentido de que la concesión no implicaba monopolio, y el Ayuntamiento, por su parte, al

conceder en 1.909, a la Hidráulica Santillana determinada exención de derechos, hacía igualmente constar que la citada empresa no tenía monopolio de ninguna clase, y que el Ayuntamiento no podía venir obligado a tomarle a ningún precio el agua que gratuitamente recibía del Canal, aunque para el caso de avería en este, recababa de aquella un igual servicio durante diez días como máximo.

Terminada con la mencionada Real Orden la vía gubernativa el Marqués de Santillana pudo recurrir de ella por vía contenciosa, buscando en los tribunales la defensa de su pretendido derecho pero no lo hizo así, a pesar de haberlo anunciado, ni tampoco dejó expedito para que se realizaran las obras de ampliación del Canal de Isabel II, sino que continuó oponiendo cuantos obstáculos estaban a su alcance, ya mediante reclamaciones administrativamente tramitadas, ya utilizando sus prerrogativas parlamentarias, sin conseguir una resolución favorable a sus pretensiones.

Entretanto, las obras del Canal se hacían cada vez más urgentes; una parte de ellas, la relativa al plan de obras del Ingeniero Montalvo, iniciado en 1.899 fue ejecutada, pero se necesitaba ampliar las conducciones y crear el Canal Nuevo, prolongación del Canal Transversal, que fue aprobado por Real Orden de 10 de Noviembre de 1.921 y debía haberse ejecutado entre 1.921-26.

Como los recursos del Canal no eran suficientes para la construcción de las obras nuevas, se solicitó un empréstito con el aval del Estado, que fue dificultado por las interpelaciones parlamentarias del Marqués de Santillana. No se puso remedio a pesar de la gravedad que supuso la rotura del tunel de Otero que dejó sin agua a Madrid en 1.923, con lo que la población recurrió a los antiguos viajes, aumentando la mortalidad por tifoideas en

aquel verano, y en el de 1.924 se forzó tanto la conducción de aguas del Canal Bajo que este se volvió a romper, esta vez en el puente del Sotillo.

Con el Golpe del 13 de septiembre de General Primo de Rivera no se volvió a hablar del Canal hasta el 20 de Septiembre de 1.924 en que se publica una Real Orden nombrando una comisión que estudiara la armonización del Canal y de la Hidráulica, con la concurrencia de ambas entidades en el abastecimiento de agua a la corte. Se insinuaba también en la solución del Sr. Lorite, la posible municipalización del Canal de Isabel II.

El informe de la comisión que pretendía municipalizar el Canal, encontró eco en el Alcalde. Después de 8 meses de estudio, la Comisión dictaminadora emitió un informe en el que se desechaba la idea de municipalización así como toda fórmula que implicara el reconocimiento del monopolio pretendido por la Hidráulica, aunque proponía conceder a esta, en beneficio del interés público amplia libertad para extender sus cañerías por todo Madrid (3).

Este informe no dió lugar a ninguna resolución gubernamental, hasta que el Conde de Guadalhorce ordenó que se diera principio a la subasta del primer tramo del Canal Nuevo, el 12 de Diciembre de 1.925. El anuncio de la subasta provocó la oposición del Marqués de Santillana y del Alcalde de Madrid. El primero pretendió la suspensión de la subasta, hecho que no logró.

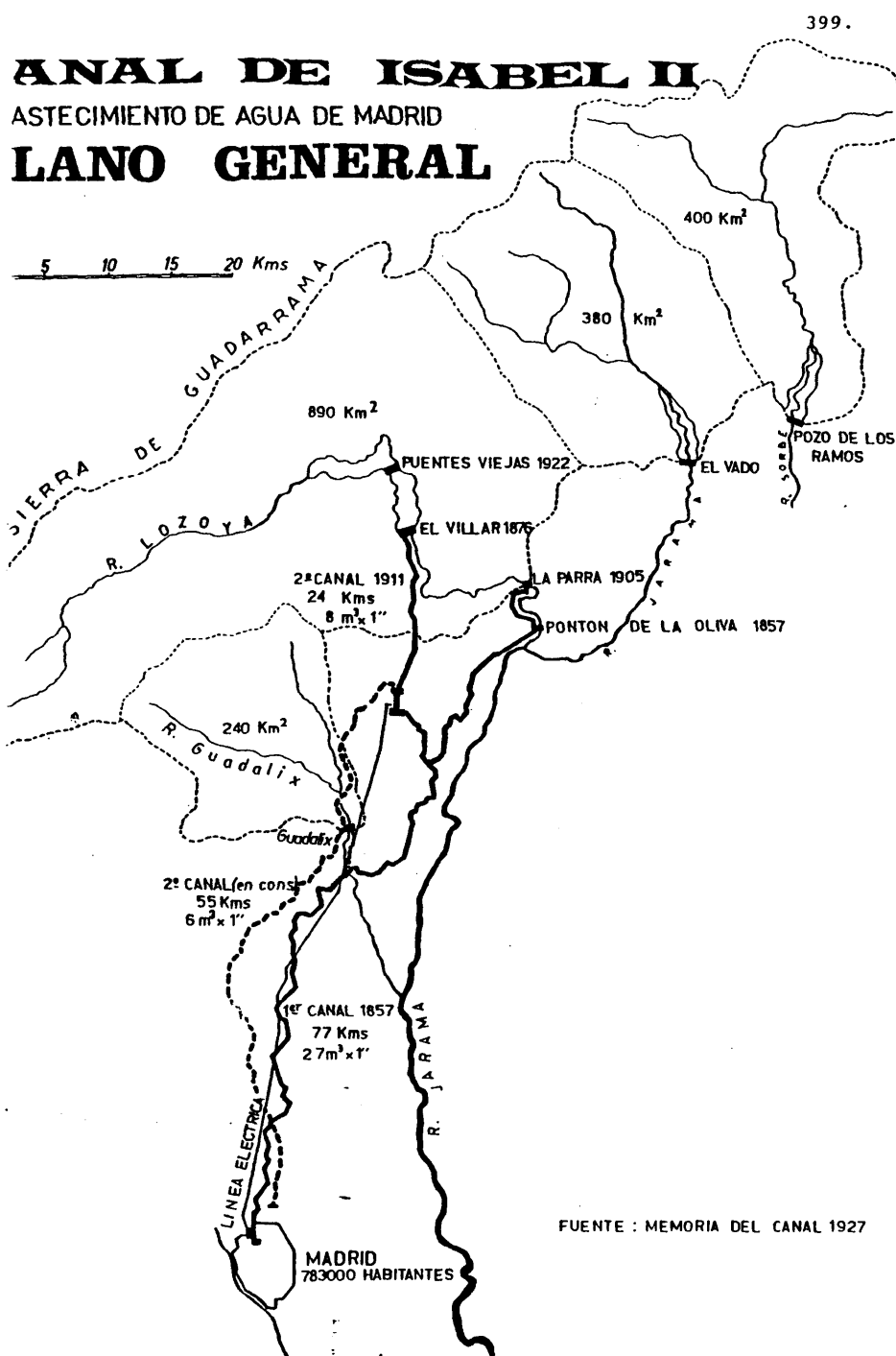
En este momento, una Real orden de 25 de Diciembre hace constar que las obras del Canal, no prejuzga los derechos que invoca la Hidráulica y se dispone una comisión que fusione la Hidráulica y el Canal, concediéndose al Ayuntamiento una representación en aquella.



# ANAL DE ISABEL II

## ASTECIMIENTO DE AGUA DE MADRID

### LANO GENERAL



Por último se nombró la comisión del 21 de Enero de 1.926 y se fijan las reglas siguientes para el abastecimiento; " que podrían pasar a propiedad del vecindario las obras e instalaciones del Canal, así como las de la Hidráulica y cualquiera otra, y que se estudie si la administración hubiera de hacerse por el Municipio (Ayuntamiento), o por el vecindario con la intervención y vigilancia del Estado (Estado), y que en cualquier caso se deberá resarcir, si existiese municipalización, al Estado de los gastos ocasionados por el Canal. De esta forma, con el peligro de municipalización, que se cumplió en la República, acabó el pleito de la Hidráulica Santillana.

Por fin, la Real Orden de la Presidencia del Consejo de Ministros de 2 de Abril de 1.928 acabó con el veto puesto a las obras del Canal y se autorizó al mismo para levantar fondos por valor de sesenta millones de pesetas con los que se comenzaron en 1.928 las obras del Canal Nuevo. Hay que destacar en este período la defensa de los intereses del Canal por parte del Ingeniero Director Aguinaga y el Comisario Regio Sánchez Toca.

Pero conviene proceder con un orden cronológico:

3.4.2. Canal Transversal o de El Villar. Proyectado en la segunda época, su finalidad fue el aprovechamiento hidroeléctrico.

Está construido con mampostería en los cajeros laterales y con hormigón en masa en el revestimiento y solera, su longitud es de 24 Km y está totalmente cubierto.

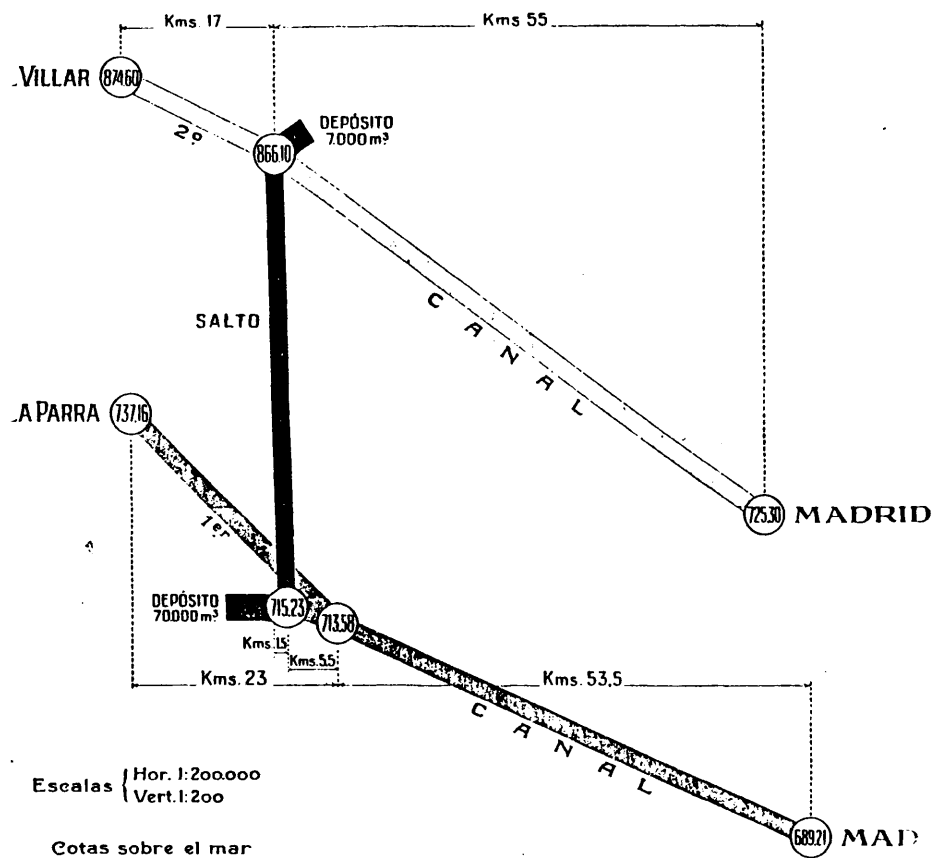
El proyecto primitivo (4) se denominaba "Aprovechamiento Hidroeléctrico del río Lozoya" y que se subdividía en tres tramos: 1º entre "El Villar" y el Depósito Superior de la Central de Torrelaguna (17 Kilómetros);

## CANAL DE ISABEL II.

ABASTECIMIENTO DE AGUA DE MADRID

401.

### PERFIL LONGITUDINAL DE LOS CANALES



### CARACTERÍSTICAS DEL SALTO

Consumo de agua en Madrid:

Total	66 092.000 m³
Anual { Medio por día	181.800 ..
Máximo	233.000 ..

Energía consumida en Madrid:

Anual { Para elevar el agua de la distribución	2 260.000 kw.h.
Para alumbrado e industrias	18.940.000 ..

Por el salto transcurre no solo el agua consumida en Madrid sino tambien el resto del caudal del rio, cuando sobra. Para acomodarse a los máximos, que no coinciden, del consumo de agua y del consumo de energía, se han construido dos saltos respectivamente agua arriba y agua abajo del salto. La producción máxima alcanza hasta 6.000 C.V.



### 3.4.3. Presa de Puentes Viejas.

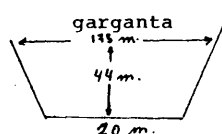
Otra de las obras del período es la presa de Puentes Viejas (5), está situada sobre el río Lozoya, en la garganta de Puentes Viejas, término de Manjirón, 7 Km. aguas arriba de la presa de El Villar; en un lugar donde el remanso de ésta, al nivel del umbral del aliviadero de superficie, alcanza 7,60 m. de altura sobre el lecho del río, por lo cual resta al embalse de El Villar unos 300.000 m<sup>3</sup>.

La cuenca aguas arriba de Puentes Viejas es de unos 690 Km<sup>2</sup>. El Régimen del río Lozoya en este punto, tiene un caudal medio de 10 m<sup>3</sup>/seg. con una máxima avenida observada de 270 m<sup>3</sup>/seg. y un estiaje mínimo observado de 70 l/seg.

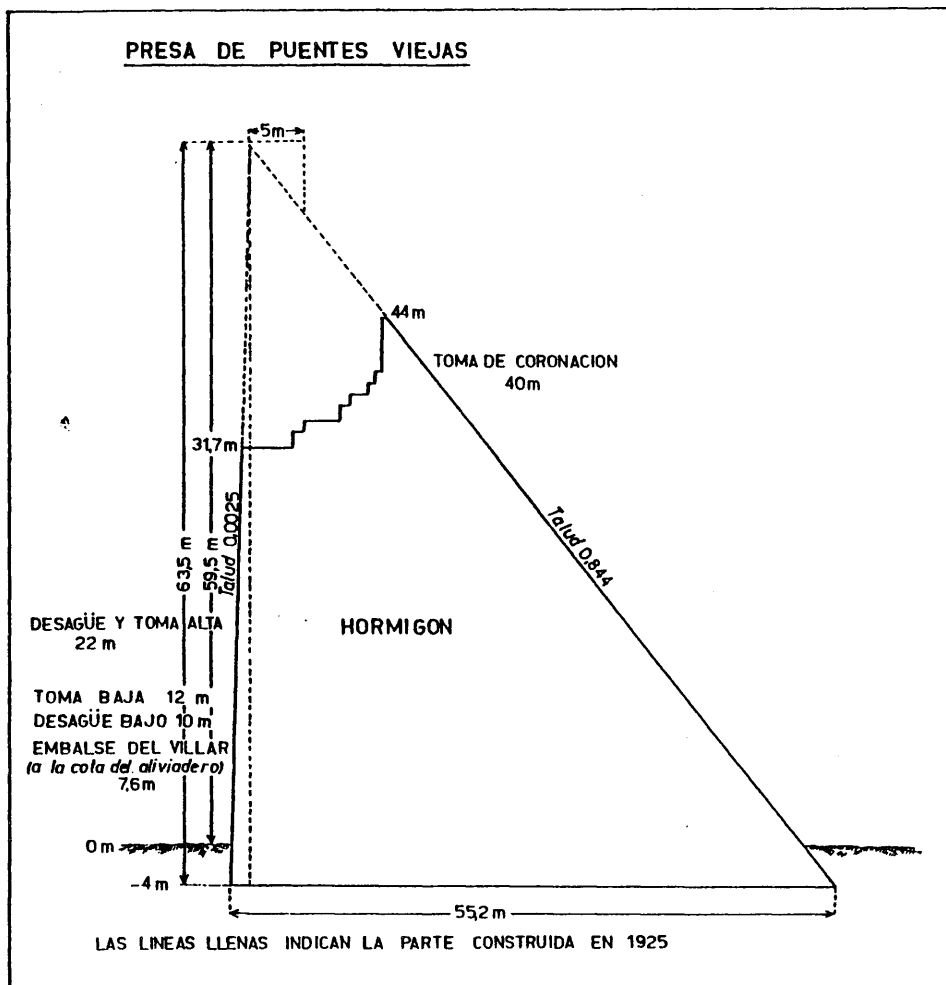
Los arrastres en la cuenca resultan de escasa importancia, porque toda ella es de gneis, y es moderada la pendiente del río.

En El Villar se calcularon unos 600.000 m<sup>3</sup>. después de 40 años de uso. Por otra parte como los desagües de Puentes Viejas permiten evacuar las crecidas, contribuirán a evitar depósitos.

En cuanto al perfil del emplazamiento de la presa. La garganta, luego de excavado el gneis descompuesto, mide anchuras de 20 m. en el cauce; 173 m., a 44 m. sobre el cauce, en el nivel de coronación provisional. 300 m. apro-



nivel de coronación provisional.



ximadamente a 59,50 m. sobre el cauce, nivel de la coronación definitiva.

El terreno a ocupar con el embalse total es de 320 hectáreas de monte bajo de escaso valor y algunas huertas de Buitrago; con el embalse provisional era de 150 Has.

El perfil de la presa es de estabilidad por gravedad; triangular, con triángulo de coronación de 5 m. de base; el Talud del paramento aguas arriba 0,025; y el Talud del paramento aguas abajo es 0,844.

La altura total es de 63,50 m. de presa (cimentación incluidos) con una base de 55,20 m. Las presiones máximas calculadas en embalse vacío son  $15,4 \text{ Kg/cm}^2$ ; con el embalse lleno  $14,7 \text{ Kg/cm}^2$  aguas abajo. El radio es de 200 m. en coronación aguas arriba. La longitud de coronación es de 173 m. (provisional). No hay cuerpo especial de cimientos: el macizo de perfil triangular se eleva desde el fondo de roca sana convenientemente escalonado, y luego de rellenar con hormigón desigualdades y pilancones.

La presa parcial está limitada por un escalonado desde la cota 31,70 en el paramento de aguas arriba a la cota 44 en el de aguas abajo, escalonado que determina aproximadamente una superficie isostática. El escalón más alto, junto al paramento de aguas arriba, coronado por una imposta de sillares artificiales y una sencilla barandilla metálica, constituye una pasarela de servicio de 0,80 m. de anchura, y es al mismo tiempo aliviadero de superficie.

La Fábrica de la presa está formada por un macizo de hormigón entre paramentos de sillares artificiales.

Para la ejecución de la presa, singularmente del voluminoso macizo interior, se disponía de mena natural silícea y cantos rodados, generalmente de gneis, no abundantes; más los que se podían arrancar de las laderas, fragmentados y astillosos. Siendo difícil ejecutar con estos elementos una mampostería de pocos huecos, aparte el inconveniente del coste de la mano de obra, decidióse ejecutar el cuerpo de la presa con hormigón, especialmente macizado con pisonés, aprovechando la experiencia obtenida en la ejecución de la solera de hormigón del tercer depósito de agua del Lozoya en Madrid, donde, para evitar filtraciones a las galerías que minan el subsuelo, se requirió impermeabilidad muy perfecta, la cual se obtuvo logrando hormigón de gran compacidad, por introducir en él cantos a golpes de pisón.

Para aliviadero del embalse, cuando la presa tenga su altura total, convendrá aprovechar un collado muy próximo en la ladera derecha. El máximo desagüe previsto para la presa de El Villar fue de  $600 \text{ m}^3$  por segundo.

Para la altura de 1.925, se admitía que el embalse vertiera por la coronación, cayendo sobre el remanso de la ataguía de fábrica de aguas abajo, debiendo advertir que esto sólo ocurriría por excepción.

Sobre el macizo de hormigón que contiene los vanos y conductos de cada desagüe o toma, se eleva una torre de fábrica, en cuya coronación están instalados los aparatos de maniobra, a los que se llega por pasarelas. Está previsto el funcionamiento simultáneo con electromotor de todos los mecanismos de cada torre.

Fueron instalados medios auxiliares como una línea de conducción de fuerza eléctrica desde el salto del Canal



en Torrelaguna, instalación de dos bombas de agua a presión, vagonetas, ascensores, lavadoras de mena, machacadoras de piedra, hormigoneras, apisonadoras, puentes, pasarelas, etc.

En la "Memoria sobre la conducción de aguas a Madrid" redactada en 1.848 por los ingenieros Rafo y Ribera, al estudiar los diversos lugares del río adecuados para establecerse represas o embalses de 2 a 3 millones de  $m^3$ , se indicaban: Puentes Viejas o Tenebroso, Puente del Villar y Pontón de la Oliva. En 1.868 construidos ya el Pontón de la Oliva y el Canal de Isabel II, se proyectó y construyó seguidamente la presa del Villar, capaz de embalsar 22 millones de  $m^3$ .

El aumento del consumo de agua obligó a ampliar aquella reserva y, después de varios proyectos, se adoptó aquella presa de 59,50 m. de altura sobre el cauce, capaz de embalsar 54 millones de  $m^3$ , que con el embalse de El Villar permite regular caudal de 6  $m^3$  por segundo, limitándola por ahora a la altura de 44 m. para embalsar 22 millones de  $m^3$ , los cuales, sumados al embalse de El Villar, pueden regular caudal de 3,500 litros por segundo, o 300.000  $m^3$ . diarios en el canal de conducción.

La presa cumple además otras fines relacionados con la calidad del agua de abastecimiento: decantación de las aguas del río antes de darles entrada en el embalse del Villar, cabeza de la conducción a Madrid; regulación de las avenidas, para evacuarlas por un canal de desagüe, evitando así la entrada de aguas turbias en el embalse del Villar.

Los sobrantes del embalse, después de dar preferencia y plenas garantías al mejor servicio posible de

abastecimiento de aguas se empelan en aumentar las producción de energía en el Salto de Torrelaguna.

Comenzaron los trabajos preparatorios en el verano de 1.914 y en el otoño se cimentó la atagüa de aguas arriba. En el otoño de 1.915 se terminaron ambas atagüas y túneles de desagüe, pero no se pudo cimentar la presa por falta de fondos. Se terminó la instalación de fuerza y otros medios auxiliares.

En el otoño de 1.916 dióse principio a la excavación para cimientos. Se comenzó a echar hormigón en primavera de 1.917.

El nivel del embalse de El Villar no permitió continuar. Contados los años de 19 de Octubre a 30 Septiembre, se ejecutaron en 1.917-18, 21.000 m<sup>3</sup> de presa; 1.918-19, 13.000 m<sup>3</sup>; 1919-20, 23.000 m<sup>3</sup>; 1.920-21, 22.000 m<sup>3</sup> y 1.921-22, 16.000 m<sup>3</sup>.

La presa quedó terminada en junio de 1.922. El puente sobre el Lozoya se construyó en el invierno de 1923-24. Los desagües y tomas, cuyo proyecto se aprobó en 1.923, quedaron en servicio en enero de 1.925.

La excavación total en cauce y laderas, principalmente en contrafuerte descompuesto de la ladera derecha, fue de 26.000 m<sup>3</sup>; de ellos, 5.000 m<sup>3</sup> con agotamientos y elevados con ascensor. Bajo la capa de acarreos, cantos rodados y arenas, se halló la zona sana a una profundidad de 3 a 5 m.

Para la cimentación había que atenerse al caudal del río y al nivel de la presa de El Villar, que, llena embalsaba 7,60 m. sobre el lecho del río en Puentes Vie-

jas.

Hasta mediados de septiembre no bajaba el embalse de El Villar lo suficiente para comenzar los trabajos de cimentación.

Se perforaron dos galerías de unos 100 m. de longitud para derivación del río, con embocadura a cota o en solera y pendiente de 1 ‰; la de la margen derecha de 16 m<sup>2</sup>. de sección, y la de la izquierda, de 6 m<sup>2</sup>.

Ambas se utilizaron después para los desagües del embalse. Se construyeron dos ataquías de mampostería: la de agua arriba coronada a cota 8,50 sobre el lecho del río, y la de agua abajo a cota 5. Para cimentar las ataquías se empleó una bomba Letestó; para cimentar la presa, disponiéndose ya de fuerza eléctrica, se agotó entre ataquías con un electrobomba capaz de elevar 100 l. a 20 m., que resultó muy sobrada.

Antes de precisar el replanteo de la presa, se practicaron grandes zanjás de reconocimiento en ambas laderas.

Descubierta la roca sana, se lavaba y se rellenaban las grietas con mortero.

La fábrica de los paramentos solía llevarse adelante respecto del macizo con dos hiladas de sillares.

El macizo avanzaba por tajos, generalmente dos, uno aguas arriba y otro más alto aguas abajo. Para ejecutar el tajo, de unos 0,70 m. de altura, después de dejar bien limpia y regada la superficie de homigón anteriormente hecha, se tendía una tongada de hormigón de unos 0,20 m. de espesor y unos 4 m. de ancho; sobre ella se echaba piedra gruesa que era aprisionada por la máquina. Así, hasta llegar a la longitud correspondiente a la media jornada; entonces re-

trocedía la máquina, avanzaba la vía levantándola sobre traviesas de madera y se hacía en la misma forma la segunda tongada. Las apisonadoras rodaban sobre hierros en " V " y se apoyaban en la fábrica ya hecha o en tocos de madera. Algunos extremos y rincones se apisonaban a mano. Constantemente se regaba la fábrica con agua a Presfón; en verano se regaba también de noche. La superficie del hormigón de la campaña anterior se picaba, lavaba y regaba cuidadosamente, y se echaba, antes de la primera tongada del nuevo hormigón, una capa de mortero de la misma clase que el de éste.

Los sillares artificiales, de  $0,16 \text{ m}^3$ , se hacían a mano, en moldes de fundición de dos tipos: uno para sogas y otro para tizones, con sus cuatro caras laterales giratorias sobre la del paramento, que era solera en la fabricación. Se desmoldaban al terminar el apisonado.

El Volumen máximo de fábrica ejecutado en un día fue de  $180 \text{ m}^3$ , en un mes,  $4.000 \text{ m}^3$ .

El conjunto de las instalaciones se había previsto para un máximo de  $200 \text{ m}^3$ . diarios aproximadamente.

Las avenidas del río se evacuaban por las galerías de los desagües y tomas, estableciendo cierres provisionales con objeto de utilizar en el verano el embalse formado por la presa en construcción. Se combinaron estos medios con algún portillo dejado en la fábrica, para dar paso a las avenidas desde la época en que se cerraban las galerías con compuertas colgadas o tabiques de fábrica con válvulas.

La necesidad de tener completamente vacío el vaso de Puentes Viejas, y bastante bajo el de El Villar (a la cota 35,11 millones de  $\text{m}^3$ .), embarazó mucho las obras definitivas de desagües y tomas.

411.

Las torres de maniobra de la toma baja y de desagüe bajo se hicieron de mampostería gneísica, excepto el cuerpo inferior de hormigón y la del desagüe alto, de hormigón paramentado con sillares artificiales para más rápida ejecución y por hallarse muy baja la cantera de mampostería.

Las compuertas se construyeron en el taller de las obras.

Los aparatos y barras de maniobra, suministrados por concurso, se montaron por el personal del Canal.

La Presa fue poniéndose en carga según crecía. Empezó embalsando 2 millones de m<sup>3</sup>. en 1.919 y alcanzó a embalsar en 1.922 los 22 millones de m<sup>3</sup>.

Las filtraciones observadas consisten en tranudación del paramento de aguas abajo, algunas pequeñas filtraciones en la zona superior, donde el espesor del muro de coronación (era muy reducido, 1.926) y algunas otras en la ladera izquierda fuera de la fábrica. Aforadas sumaron en conjunto unos 5.1 por segundo.

Sin embargo el recrecimiento de la presa de Puentes Viejas se realizó después de la guerra (6), la contrata de la obra ultimó la de sillería del perfil del estribo de la margen derecha, único detalle que faltaba. La obra, excelentemente ejecutada, fue recibida única y definitivamente en 8 de septiembre de 1.939, aprobándose su acta de recepción por O.M. de 21 de diciembre del mismo año. Se redactó la liquidación en 26 de febrero de 1.940, con importe líquido de 2.872.224,77 pesetas, y fue aprobada por O.M. de 30 de agosto siguiente.

También la "Maguinista y Fundiciones del Ebro, S.A.", contratista del suministro y montaje de las compuertas del

desagüe alto, montó el accionamiento eléctrico de las mismas y repasó pequeños desperfectos observados después de la guerra, siendo recibida la totalidad de la instalación en 7 de agosto de 1.941, aprobándose el acta correspondiente en 24 de noviembre posterior, y su liquidación por Orden de la Dirección General de Obras Hidráulicas de 1° de diciembre del mismo año, por su importe de 105.082,16 pesetas.

Del conjunto de obras que formaban el proyecto de recrecimiento de la presa de Puentes Viejas sólo faltan efectuar las del aliviadero de superficie, sustituido provisionalmente por cierre de contrafuertes y bóveda de ladrillo, para no disminuir la capacidad del embalse. Redactadas las bases para celebrar el concurso correspondiente, que fueron aprobadas por Orden de la Dirección General de Obras Hidráulicas de 18 de febrero de 1.941, anunciándose aquél en el B.O. de 8 de abril siguiente, al que se presentaron dos proposiciones con presupuestos muy superiores al tipo de subasta, que era de 347.589,22 pesetas; anulándose el concurso por O.M. de Obras Públicas del 20 de julio de 1.944.

Para ultimar la calzada de la presa se formularon, en 10 de agosto de 1.940, presupuestos para aceras y calzadas, con importes respectivos de 49.058,35 y 28.939,85 pesetas, ejecutándose las obras por administración.

La vigilancia y facilidad de maniobras en el canal de desagüe, en la margen derecha de El Villar, exigió la construcción, en el año 1.940, del camino de acceso a las compuertas de Colmenas, de 2.000 metros de longitud, con presupuesto de 47.120,59 pesetas, aprobado por Orden de la Dirección General de Obras Hidráulicas de 20 de septiembre de 1.939. En el año 1.942, en el extremo terminal de este camino se construyó una casilla para guarda, según proyec-

to aprobado en 16 de octubre de 1.940, con un presupuesto de pesetas 43.516,98; esta casilla tiene alumbrado eléctrico, con transformador propio, y enlace telefónico con la centralita de Puentes Viejas.

Utilizando crédito formalizado por proyecto aprobado en 16 de septiembre de 1.941, que ascendía a 44.852,32 pesetas, se reconstruyó la presa del Merendal, con un gasto de 32.352,32 pesetas, lo que permitió desmontar la tubería de 1,10 metros de diámetro que provisionalmente, desde el año 1.930, daba desagüe al canal de la margen izquierda.

#### 3.4.4. Presa de Guadalix y Canal de Guadalix.

Esta presa con canal de derivación anejo es la llamada presa del Mesto, poseía una altura de 4,2 metros, provista de desagüe de fondo, con dos compuertas, toma de agua con otras dos, galería y cámara de limpieza con una compuerta de fondo y rejillas, estaba situada aguas abajo de lo que posteriormente sería el embalse de El Vellón.

El Canal de Guadalix posee una longitud de 3,8 Km, con capacidad máxima de  $4,1 \text{ m}^3/\text{seg.}$  Tres cámaras desarenadoras, tres acueductos, dos túneles y tres almenares.

#### 3.4.5. El Canal Nuevo o Alto (7)

El Canal Alto, con origen en el Canal Transversal, junto al Depósito Superior de Torrelaguna, conduce las aguas al Cuarto Depósito. Su longitud es de 54.500 metros. De ellos 2.800 metros en obras de fábrica, 17.700 metros en túnel y 7.300 metros en sifón tipo "Castkill", con diámetros de 1,80 y 1,95 metros, y otro de palastro, el de San Vicente, de 1,40 metros de diámetro cada uno y 1.241 metros de longitud. La capacidad de conducción de este canal es de  $6 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y tiene instaladas doce almenaras, con 65 compuertas, de ellas 32 de paso y 33 de desagüe.

Su sección es en herradura, variable, con sus pendientes de 0,0022, 0,003 y 0,0005 m./p. m. l., y 1,70 metros de altura. La fábrica de su revestimiento es de hormigón en masa.

Para terminar este período he de decir que en esta época se pensó ya en los ríos Jarama y Sorbe como solución a los problemas de abastecimiento, también se proyectaron los canales de aislamiento de la presa de El Villar, nuevos depósitos ya entrevistados por el magnífico director del Canal Ramón Aguinaga (8) y el canal del Este.





#### 3.4.6. Tercer depósito.

Otra de las obras fue la del tercer depósito reconstruido por el ingeniero Parrella, pero esta vez en vez de emplear una cubierta de hormigón se iniciaron pilastras de ladrillo en los que se apoyan arcos de medio punto y sobre los que va la cubierta. Su capacidad es de 480.000 m<sup>3</sup>.

La cota del aliviadero es de 690,82 metros, y la altura de la lámina de agua es de 6,88 metros. La Planta es rectangular de 355 por 216 metros, dividido en cuatro compartimentos iguales. La solera, muros de recinto y muros divisorios son de hormigón en masa.

Sobre los pilares y las arcadas de ladrillo se apoyan las vigas de hormigón armado del forjado de la cubierta, mediante una imposta del mismo material. El forjado se protege con una capa de tierra de 0,35 metros de espesor.

#### 3.4.7. Primer depósito elevado y estación Elevadora.

El primer depósito elevado se construyó para abastecer la zona alta del ensanche de Madrid, es un depósito especial en Torre, de 1.500 m<sup>3</sup>. de capacidad, con dos tuberías de alimentación de hierro fundido de 0,90 m. de diámetro interior, con tres válvulas de paso del mismo diámetro y de otra tubería que servía de aliviadero de superficie y de desagüe de fondo de 0,45 m. de diámetro interior, con dos válvulas, también de 0,45 m. de diámetro interior.

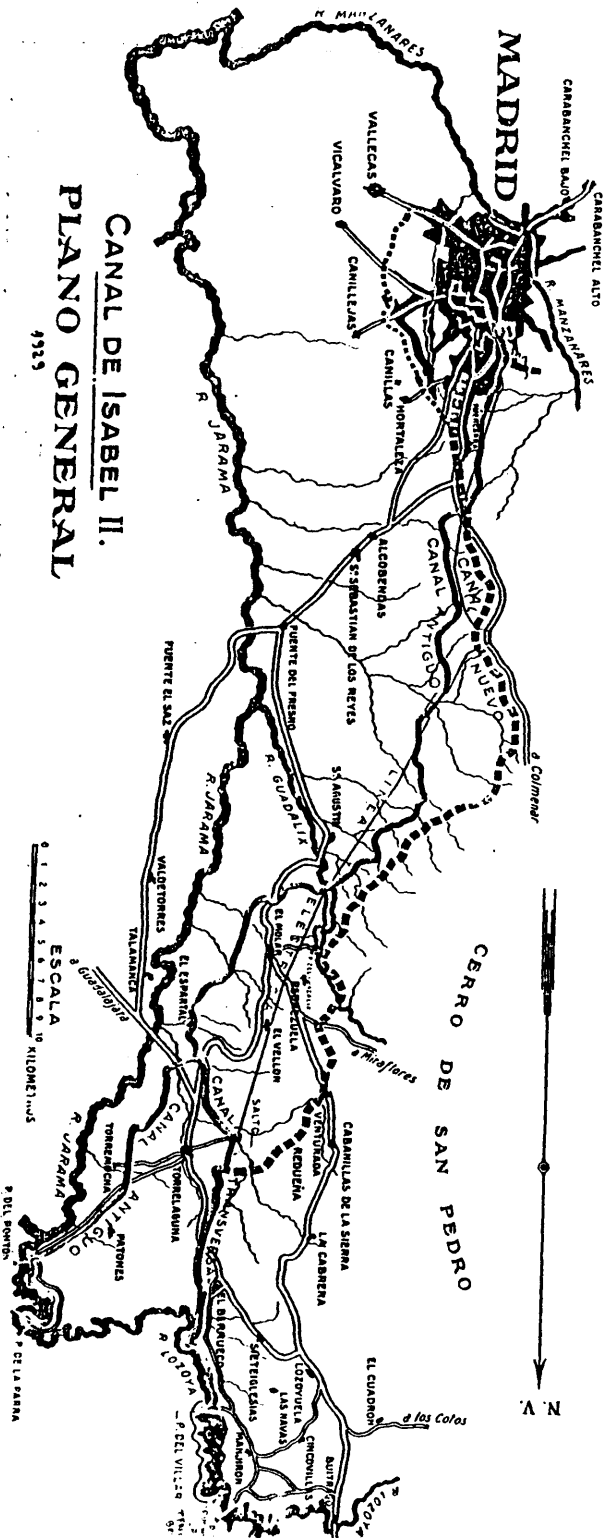
Hoy día fuera de servicio, pero cuando funcionaba el agua era elevada por medio de una estación con electrobombas capaces de poner 1,4 m<sup>3</sup>/seg. a una altura de 35 metros y 0,5 m<sup>3</sup>/seg. a 70 metros, disponía de una estación térmica de reserva de 1.000 C.J. y la energía la suministraba el Canal (del Salto de Torrelaguna). •

Al finalizar el período se suscitó una nueva polémica con el Alcalde de Madrid, ya que este pretendió que el Canal fuese municipalizado, Martínez Angel y González Quijano expusieron una serie de razonados motivos de oposición que hicieron durante años desistir al Ayuntamiento.

Sin embargo la República acabó con todo resto de polémica por fusión de la Hidráulica y el Canal en una nueva empresa que se llamó Sociedad y Canales del Lozoya.

# CANAL DE ISABEL II. PLANO GENERAL

933



Notas 3.4.

- (1) BELLO POE-YUSAN, S.: " Información del Canal de Isabel II. op. cit. pág XV.  
Exposición de la ciudad y de la Vivienda Moderna: Información del Canal de Isabel II. Madrid, 1.927. pág 4.
- (2) MARTINEZ ANGEL, M. y GONZALEZ QUIJANO, p. M.: Proyecto de Municipalización del Canal de Isabel II. Informe de los representantes de la Cámara Oficial de Industria y del Instituto de Ingenieros civiles en la comisión nombrada por el excmo. Ayto. de Madrid. Madrid, 1926 62 págs.
- (3) G. DE AMEZUA y MAYO, A. : Informe que el Concejal Delegado del Excmo. Ayuntamiento de Madrid en el Consejo de Administración del Canal de Isabel II eleva a la Excma. Alcaldía. Presidencia y Comisión Municipal. Madrid. 1.924.  
En las conclusiones de este informe se dice:  
2º El Ayuntamiento debe rechazar todo monopolio.  
3º Remover obstáculos que impidan la libre concurrencia entre la Hidráulica y el Canal.  
4º Oponerse a cualquier trust entre el Canal e Hidráulica.  
5º Potenciar las obras del Canal.  
6º Que sea el Estado el que por medio del Canal resuelva el abastecimiento futuro.  
7º Que el canal tenga sus propios recursos financieros.  
8º Libre concurrencia entre el Canal y la Hidráulica par abastecer Madrid.  
9º Que el Directorio facilite al Canal los

recursos para la ejecución de las nuevas obras.

- (4) CANAL DE ISABEL II. Memoria 1.946-50. op. cit. pág 118.
- (5) BELLO, S.: Memoria sobre el estado de los diferentes servicios en el 31 de diciembre de 1.925. Canal de Isabel II. Madrid. 1.926.
- (6) CANAL DE ISABEL II.: Memoria 1.945, Madrid, 1.946.
- (7) CANAL DE ISABEL II.: Memoria 1.946-50. op. cit. pág 124.
- (8) AGUINAGA, R.: El Canal de Isabel II. Nuestro Tiempo. Ciencias y Artes, Política y Hacienda. n°314. Madrid, 1.925. pág 129-139.

### 3.5. Cuarta epoca 1.931-1.950

Esta época es la de las Vicisitudes del Canal, es un período histórico de desastres nacionales; la Crisis Económica del 1.929, la Guerra Civil de 1.936-39 y la posguerra 1.939-50, significaron para la Nación la paralización más absoluta de toda actividad económica.

El Canal como es lógico se vió afectado por todo el proceso de crisis de una forma fundamental. Con todo, la actividad <sup>y la ayuda estatal</sup> para hacer crecer el sistema de abastecimiento se vió mejorada sensiblemente, aunque no en la cantidad que el aumento de población, y consecuentemente del espacio urbanizado madrileño, requerían.

No obstante es necesario dividir esta época en dos períodos claros.

1º) El período republicano de 1.933-36 que significó la ampliación de la red, de las fuentes públicas y el recrecimiento de la presa de Puentes Viejas, así como el perfeccionamiento del sistema de doble embalse, Puentes Viejas y el Villar, completado en los años 40-50. (figuras 1 y 2).

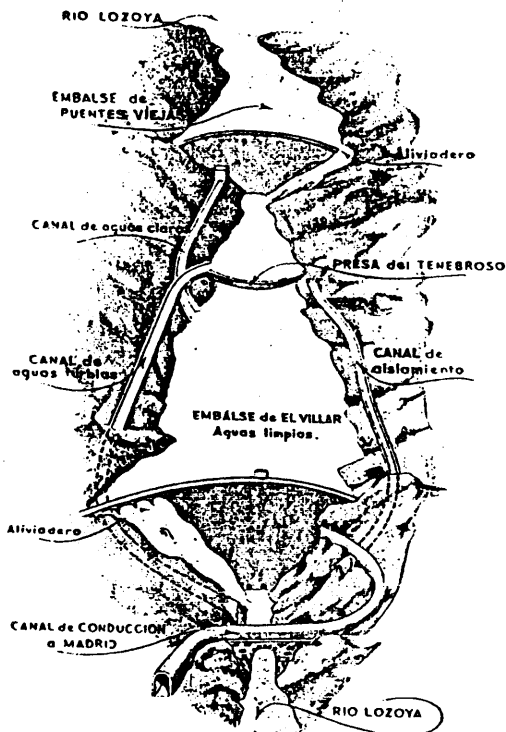
2º) El período 1.939-50. Es más activo, por un lado la reconstrucción de los desperfectos de guerra, que no fueron excesivos cuantitativamente, y por otro la ampliación de la red y las instalaciones, significaron una reactivación considerable.

Entre las realizaciones del período está la puesta en funcionamiento del canal Alto, construcción del segundo depósito elevado, y los depósitos de superficie 4º, 5º y 6º. Prácticamente se termina el Canal del Este.

Por último se construye el embalse de Riosequillo que

había sido proyectado en el período republicano.

**Figura 1** El sistema de purificación de las aguas del Canal de Isabel II por el sistema de doble embalse, Puentes Viejas de decantación y El Villar de aguas limpias, con los canales de aislamiento, de aguas turbias y de aguas claras.

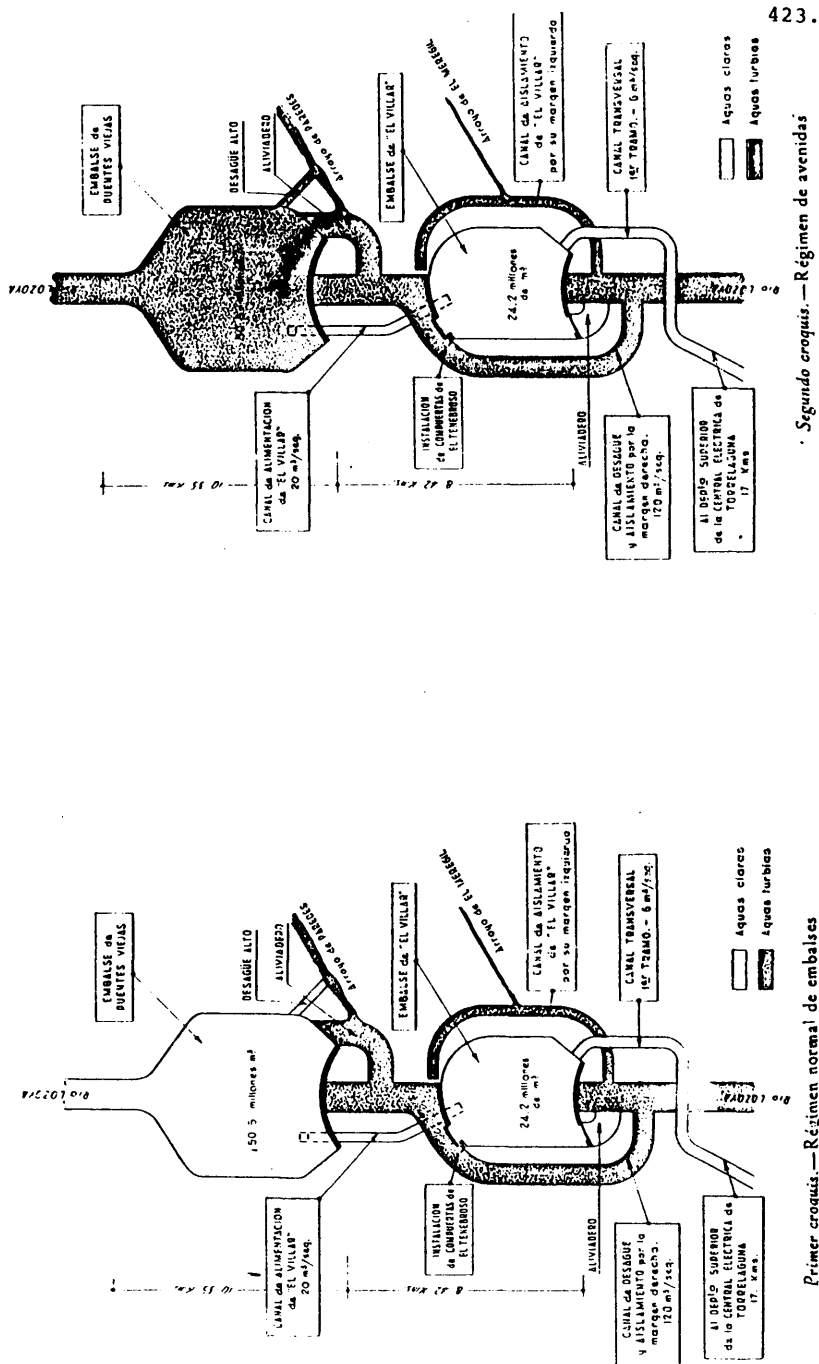


Fuente: Canal de Isabel II. Memoria 1.950

En la figura 2 se ofrece el funcionamiento de este sis-



Figura 2



Fuente: Canal de Isabel II. Memoria 1.950.

tema que eliminó definitivamente las aguas turbias en el abastecimiento de agua de Madrid. Todo el esquema iba acompañado de la doble conducción que ejercían el Canal Alto y el Bajo, y entre los dos impedían el desabastecimiento de agua en la ciudad.

Por Ley de 8 de febrero de 1.907, modificada por otra de 17 de julio de 1.945, los servicios, gobierno y administración del Canal de Isabel II funcionan por delegación del Estado, bajo la inmediata dependencia de su Consejo de Administración y a las Ordenes del Ministerio de Obras Públicas, es decir, que se volvió al sistema normal de funcionamiento del Canal, después del paréntesis republicano. Las relaciones con el Ayuntamiento, fueron modificadas por el artículo segundo del Decreto de 7 de Noviembre de 1.947.

El organigrama resultante fue similar al que existió en 1.929. Con la única salvedad que el Comisario Regio, pasó a ser Delegado del Gobierno.

El peso de la gestión lo llevaba el Consejo de Administración, con la supervisión del Delegado del Gobierno, y la responsabilidad directa recaía sobre el Ingeniero Director, este sistema de funcionamiento es el que ha regido hasta nuestros días, en que con similar esquema organizativo se ha introducido la variable de Organismo Autónomo.

Las obras fundamentales del período fueron:

#### 3.5.1. Recrecimiento de la Presa de Puentes Viejas.

Se realizó entre los años 1.931-36 (1), quedando ultimada en 1.940. Aunque en 1.950 faltaba todavía el cierre del aliviadero de aguas turbias aguas abajo de El Villar.

El sistema Puentes Viejas-El Villar, quedó complementa-

do con dos canales de aislamiento de la Presa de El Villar; el de la ladera izquierda con una longitud de 5,8 Km que lleva un cierre de tres compuertas y el de la ladera derecha, de 2,75 Km. de longitud. Ambos desagüan aguas abajo de la Presa de El Villar.

La Presa de El Tenebroso <sup>quedo</sup> como presa auxiliar de desagüe de las aguas turbias de Puentes Viejas y del Arroyo de Paredes, y de ella arranca el canal de desagüe de aguas turbias capaz para  $60 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , y con un desarrollo de 4,5 Km. Tiene este canal dos cierres escalonados, que con el de la Presa de El Tenebroso hacen un total de 10 compuertas de maniobra a brazo o con electromotores.

### 3.5.2. Canal Alto.

Otra de las obras que se terminaron en este período fueron las del Canal Alto (2), en los trozos 1 al 5, cuyo proceso histórico recojo a continuación:

Rescindida la contrata de los trozos 19 al 59. del Nuevo Canal, adjudicada a la "Sociedad General de Obras y Construcción", se recibieron las obras en 2 de julio de 1935 según acta aprobada en 5 de noviembre del mismo año. En 15 de agosto de 1.934 se redactó la liquidación de las obras rescindidas, que pasó a examen de la contrata en 21 de septiembre del mismo año, la que presentó su pliego de reparos en enero siguiente; pero, como consecuencia de la recepción de las obras efectuadas después, se dispuso la reforma de la primera liquidación en 23 de noviembre de 1.935, terminándola en 7 de julio del siguiente año, pasándola nuevamente a la contrata en 16 de julio siguiente.

La liquidación reformada de la primera contrata fué elevada a la Superioridad, con los reparos de aquella y el informe del Canal, en marzo de 1.941, sin que hasta la fecha

haya resuelto el Ministerio.

Paralelamente a la liquidación y a la obra que venía desarrollando la segunda contrata, de D. Bernardino Elizarán, se tramitó el "Proyecto de reparación de las obras rescindidas defectuosas, pero adminibles", ejecutadas por la primera; proyecto que fue aprobado en 2 de junio de 1.936.

Tan adelantadas estaban las obras a fines de julio de 1.936, que se pusieron en servicio provisionalmente. En noviembre de 1.939 se reanudaron las obras por el contratista D. Bernardino Elizarán, que ultimó la parte de obra contratada y preparó la reparación de la defectuosa, por el sistema de destajos sucesivos, bajo la inmediata dirección del personal facultativo del Canal.

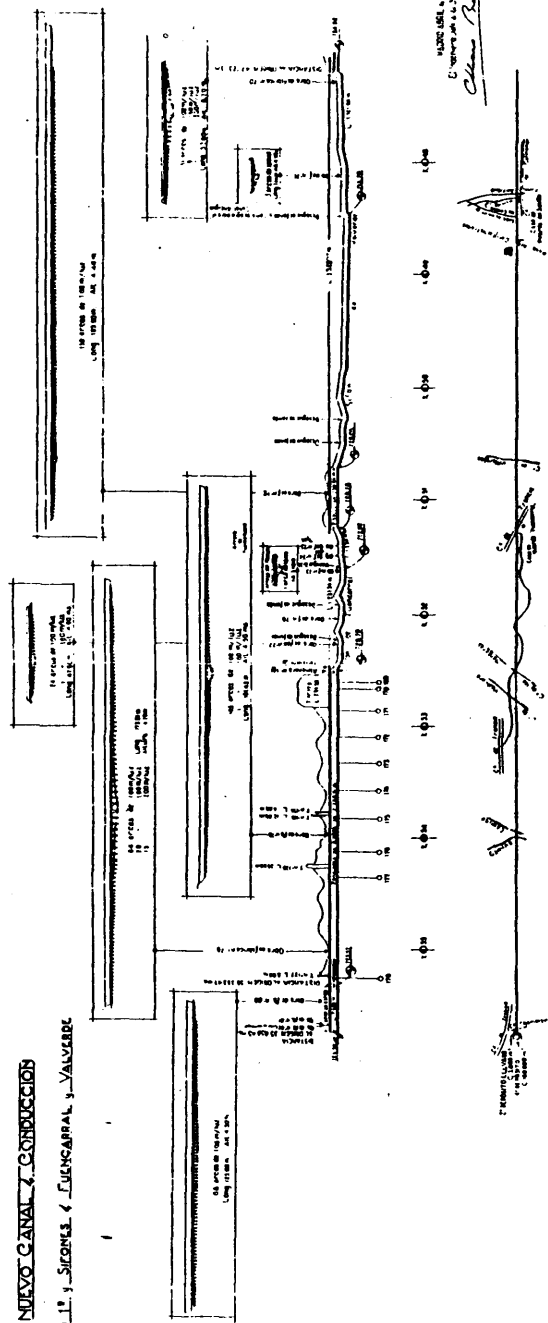
Por O.M. de 30 de enero de 1.940 se segregó de la obra contratada la reparación de las obras defectuosas y se autorizó la recepción única y definitiva de las contratadas. Durante gran parte de este año se trabajó en la reparación minuciosa de la obra defectuosa, aunque hubo que suspender los trabajos desde junio a noviembre, para utilizar las obras efectuadas con el fin de aumentar el caudal de abastecimiento de Madrid, por insuficiencia del Canal Antiguo. Continuaron en el año 1.941 los trabajos de reparación, principalmente de relleno de los huecos en el trasdós de las bóvedas de los túneles de los trozos 4º y 5º., con detallados reconocimientos, apeos peligrosos y extracción de desprendimientos y el relleno inmediato, a base de mamposterías en la parte alta y hormigones en la bóveda propiamente dicha; con picado de paramentos, procurando hacer desaparecer los resaltos y coqueras, rejuntado de los empalmes de anillos contruidos en diferentes días, que aparecían abiertos por la contracción del hormigón. Cuando sólo faltaba el enlucido de unos 100 metros en el trozo 2º del Canal, hubo que suspender definitivamente los trabajos, el día 25 de junio de 1.941, para poner en ser-

Obras Duplicas

Canal 4 (SABAL II)

**NUOVO CANAL 2 CONDUCCIONE**

TROZO 12 - SICOMES 4 - FUCHSAPAL Y VALVERDE

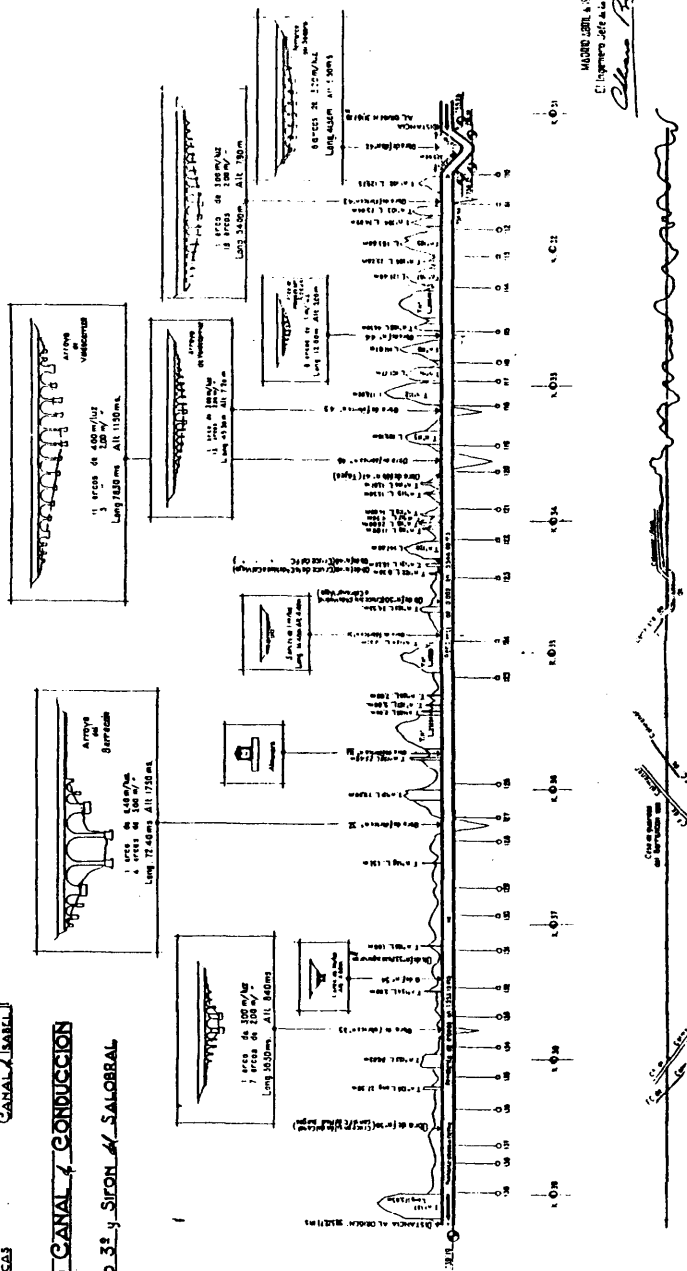




CANAL ISABEL!

## NUEVO CANAL 4 CONDUCCION

TROZO 3º y SIFON 4 SALOBRAL



775: 4 TUESDAY

...הוא שיש להם חזון משותף, והוא שיש להם מודעות.

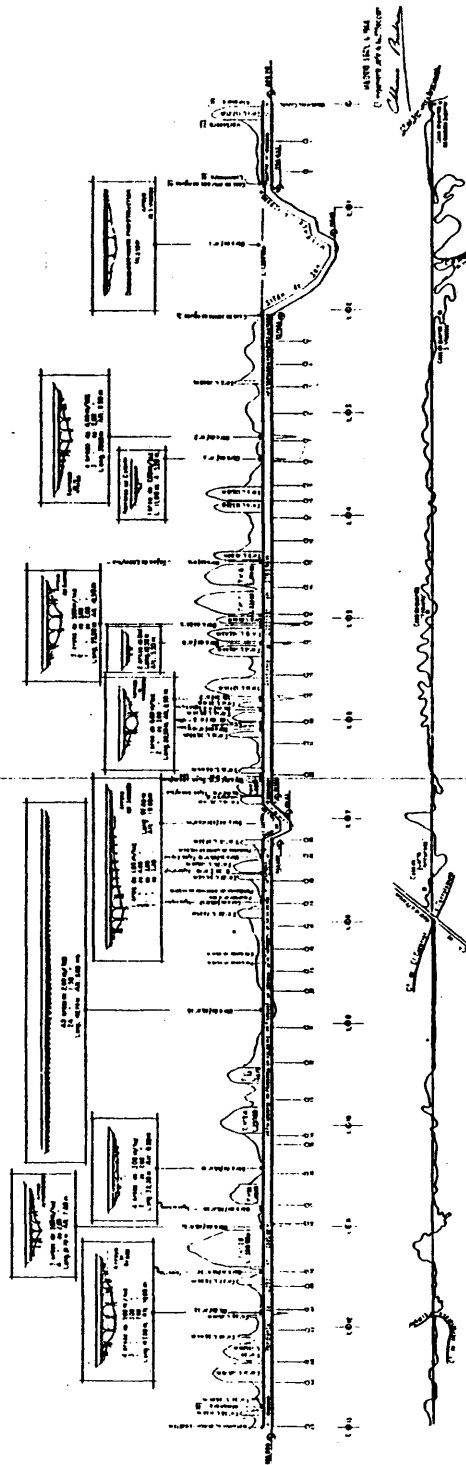
Charles Butler

Canal Paralelo

Canal 4 (Anexo II)

# NOVO CANAL 7 CORRUCCION

Tubo 0" y, Sirones, 4, Jackson, y San Vicente





vicio el canal nuevo, con objeto de suplir el déficit de conducción del canal antiguo, estrangulado en la zona de yesos de Torrelaguna.

En 7 de agosto de 1.941 tuvo lugar la recepción única y definitiva de las obras contratadas y de las ejecutadas por destajo, según acta que fue aprobada en 27 de octubre siguiente. La liquidación de las obras de esta segunda contrata, que cumplió perfectamente con sus compromisos, fue presentada en 15 de octubre de 1.941 y aprobada en 25 de marzo de 1.944.

Así, tras los sinsabores y fracaso de la primera contrata, quedó terminada y puesta en servicio la obra del Nuevo Canal, de interés vital para Madrid, a los trece años largos de trabajos asiduos desde su comienzo, octubre de 1.929, con la satisfacción íntima del deber cumplido en el personal que intervino en las obras.

Los sifones "Catskill" que forman parte del Nuevo Canal quedaron prácticamente terminados antes de la guerra. Después de ésta sólo se retocaron algunos detalles en juntas de dilatación y desagües. En los diez años (1.945) que llevan en servicio se comportan perfectamente y los gastos de conservación han sido nulos. En los revestimientos interiores no ha sido necesario hacer la menor reparación.

### 3.5.3. El Canal del Este.

Constituye el primer grupo de obras del proyecto de "Mejora y ampliación del abastecimiento de aguas de Madrid", redactado por el Ingeniero D. Francisco Parrella y aprobado por O.M. de 6 de diciembre de 1.934. En 15 de julio de 1.941 se presentó el " Proyecto aprobado por Decreto del Ministerio de Obras Públicas de 19 de febrero de 1.942. En 15 de enero de 1.945 fue suscrito el titulado " Proyecto reformado para la terminación de las obras comprendidas en el Pro-

yecto general reformado de las obras del Canal Este", y fue aprobado por Decreto del Ministerio de Obras Públicas de 14 de diciembre siguiente.

El fin primordial del Proyecto general reformado de las obras del Canal del Este era: a) el estudio y proyecto de las obras no incluidas en el original y las modificaciones de algunas que en él figuraban; b) el estudio de nuevos precios ajustados a aquel período (cerrado en 31 de marzo de 1.941); c) la valoración y liquidación de los cuantiosos gastos que con cargo al presupuesto del Canal del Este se realizaron en tiempo del período republicano sin rendimiento en la marcha de la obra; d) el estudio de la sustitución de la tubería "Castkill", propuesta para los sifones y para la conducción forzada de la totalidad del trozo 29, por otra de hormigón armado; y e) la supresión del canal que, para desagüe de los caudales originados por roturas de la tubería "Castkill", se proponía en el proyecto primitivo.

La sustitución de la mencionada tubería es, desde luego, la más importante de las modificaciones introducidas en las obras que figuran en el proyecto original. Su fundamento era la imposibilidad de construir la primitiva tubería sistema "Castkill", formada por virolas de 4 metros de longitud y 1,62 metros de diámetro, que precisaba 1.515 Tm. de chapa de palastro de 8 milímetros de espesor, de suministro incierto, dada la urgencia y preferencia de otros servicios oficiales del Estado, que motivó la rescisión de cinco destajos adjudicados antes de la Guerra, y el coste casi triple de la solución "Castkill" comparada con la propuesta.

Se incluyó también en este proyecto un estudio de línea telefónica, indispensable para el servicio del Canal del Este, que permitiera poner en comunicación en todo momento los distintos servicios de explotación y conservación del mismo entre sí y con la Central telefónica de las oficinas del Canal.

El objetivo del Proyecto reformado para la terminación de las obras comprendidas en el "Proyecto general reformado de las obras del Canal del Este" fue habilitar un último crédito para terminar las obras comprendidas en el proyecto anterior, ya que a partir de la presentación del mismo siguieron aumentando los precios, reduciéndose, en definitiva, a un reformado de precios para incluir el estudio del preceptivo cuadro número 3, cumplimentando lo ordenado por las disposiciones vigentes y contrayendo los cálculos de precios a los aumentos de todo orden habidos hasta mediados de diciembre de 1.944.

Al iniciarse el año 1.936 se trabajaba con cierta intensidad en el Trozo 1º del Canal del Este y en el final del Trozo 3º. Durante el azaroso período de la guerra civil fueron proseguidas las obras adjudicadas por destajos en el Trozo 1º, contruyéndose algunos tramos por administración directa; las que habían sido destajadas en el Trozo 3º sufrieron un colapso, dadas las enormes dificultades de organización, personal falta de materiales, herramientas y maquinaria, gran parte de la cual fue incautada para fines militares. Liberado Madrid, hubo necesidad de acoplar los servicios y el personal y reorganizar los trabajos de Trozo 1º, de más urgente ejecución, a los cuales se dió cima a mediados de 1.940, a excepción del paso en sifón bajo el Ferrocarril de Enlace, cuyos trozos extremos fueron unidos por una galería provisional para dar servicio a la arteria de López de Hoyos. Hubo necesidad de sanear el tramo de canal emplazado en el caserío de la Malmea, en una hondonada del terreno donde se filtran en su totalidad las aguas pluviales y en cuya superficie hay depósitos de basura; se construyeron los oportunos drenajes a base de tubería filtrante envuelta en canto rodado, a cuya red se dió salida en el punto más indicado de un cauce afluente al Arroyo del Abroñigal.

\* En el original.

A mediados de 1.940 se reanudaron las obras interrumpidas del Trozo 3º, teniendo necesidad de reforzar la fábrica de hormigón de la casi totalidad de las galerías construidas en la época anterior, que presentaban señales inconfundibles de ruina; también hubo necesidad de extraer grandes cantidades de escombros y fangos depositados en las galerías que durante la guerra quedaron perforadas y no revestidas, y de abandonar los trabajos realizados en un tramo de 541,43 metros estudiando una variante.

Simultáneamente se realizaron las obras de afirmado y consolidación del camino de servicios de las obras, muchos de cuyos tramos requirieron un zampeado previo de piedra caliza de gran tamaño, colocada a mano, como base del firme. También hubo que realizar algunas obras accesorias de desagüe y saneamiento; la del desvío del camino de Pavones, dando la conveniente salida a las aguas que por él discurrían, por tuberías de cemento adecuadas, y conduciéndolas posteriormente a cielo abierto hasta los cauces naturales.

Durante el año 1.941 prosiguieron los trabajos de corrección aludidos y se emprendió la construcción del resto del Canal (Trozo 3º) hacia el origen, atendiendo en primer lugar a terminar todos aquellos tramos que quedaron iniciados al estallar la Guerra y a continuar la construcción de las dos casillas también iniciadas durante aquel período y sitas en el Cerro de la Vaca y en las inmediaciones del F. C. de Arganda.

Durante el año 1.942 prosiguieron los trabajos del Trozo 3º sin interrupción, practicándose las excavaciones para el emplazamiento del sifón número 3, y se perforaron las galerías de los túneles 4, 3 y 2, así como los tramos a cielo abierto comprendidos entre ellos, procediéndose al revestimiento con hormigón encofrado de dichas galerías y tramos a cielo abierto, procurando y consiguiendo en gran parte

•

acomodar los ritmos de ejecución de las dos fases de trabajo (excavación y revestimiento), con objeto de eliminar en lo posible los desprendimientos, que en terrenos de la naturaleza de los atravesados son tan frecuentes, sobre todo en período de lluvia. En la perforación y ejecución del revestimiento del túnel señalado con el número 2 se tuvieron que vencer innumerables dificultades a causa de los múltiples manantiales encontrados, que produjeron no pocos desprendimientos, con gran peligro para el personal obrero, a pesar de las entibaciones que fue necesario realizar. La lucha contra el agua en lugares donde no es fácil instalar grupos para agotamientos redujo en muchísimas ocasiones la jornada útil de trabajo a dos o tres horas diarias, empleando el resto, y aun horas extraordinarias, en agotar los depósitos de agua. En algunos trozos fue necesaria la previa construcción de solares a base de hormigón pobre, ejecutado con materiales económicos, cascote de ladrillo y arena de miga, como áridos, para tener alguna garantía al fundar la solera definitiva, teniendo que recurrir también en no pocos casos a construir muretes de ladrillo de sostenimiento de las paredes laterales para adosar a ellos los revestimientos de hormigón que constituyen la sección definitiva. Continuó la construcción de las casillas iniciadas el año anterior, que fueron terminadas a satisfacción, y se inició y construyó la casilla del Trozo 2º, situada en la Ciudad Lineal. Fueron también terraplenándose los tramos de canal terminados y acondicionando las tierras de los ejecutados durante el período de guerra, haciendo lo mismo en las obras ya en explotación del Trozo 1º, saneando algunas charcas producidas en las hondonadas naturales del terreno, donde se depositaban los arrastres de los terrenos circundantes, con grave peligro para la salubridad y pureza de las aguas. Se ejecutó también durante este período la casilla de La Malmea, en el origen del Trozo 1º, de empalme del Canal del Este con el Nuevo Canal, y la base de la futura almenara de toma de aguas, de hormigón encofrado, que se llevó hasta una cota superior a

los terrenos circundantes, recreciendo después, de un modo provisional, con muros de ladrillo todo su contorno, para evitar la entrada en las conducciones de las aguas pluviales en períodos de lluvias torrenciales, y se cubrió el conjunto con techumbre de teja plana, para evitar la entrada de basuras arrastradas por el viento o arrojadas por personas malintencionadas.

Al promediar el año 1.942 se dió comienzo a las obras del Trozo 2º. Los trabajos, emprendidos por destajos, fueron ejecutados con relativa rapidez.

En el año 1.943 continuaron hacia el origen las obras del Trozo 3º, construyéndose un tramo a cielo abierto, con longitud de 485,83 metros, y dos registros de bajada y ventilación; los terraplenes de colmatación de zanjas y acondicionamiento de tierras sobrantes sobre la traza; el túnel número 1, con longitud de 132,42 metros; otro tramo a cielo abierto, de 18,75 metros de longitud, en el cruce con la calle de Arturo Soria; el sifón número 2, con desarrollo de 193,83 metros; un tramo a cielo abierto comprendido entre los sifones números 1 y 2, con longitud de 58,76 metros, y las excavaciones del sifón número 1, con desarrollo de 657,91 m. En el Trozo 2º se terminaron los destajos de la casilla de registro situada en el perfil 16, que constituye una chimenea de equilibrio, rematada por la consiguiente casilla de ventilación; el registro emplazado en el perfil 28 y las tomas dobles y registros ubicados entre los perfiles 41 y 42 y en el perfil 45, de iguales características ambas, con la única diferencia de su altura, acomodada al nivel del terreno sobre la rasante inferior de la tubería de conducción forzada.

Por sucesivos destajos, se ejecutó la conducción forzada durante el año 1.943; el registro y toma doble en el perfil 70; el desagüe de fondo del sifón que forma la conduc-

ción forzada con su casilla registro, y la larga conducción escalonada para evacuar las aguas del sifón que se desarrolló por una de las calles de Ciudad Lineal y termina en un reducido cauce o vaguada situado a extramuros de la misma, y el registro y toma doble emplazado en el perfil 82.

En el punto más bajo del Barranco del Santo va ubicada la casilla para alojar los aparatos de maniobra del desagüe de fondo y la galería que de ella arranca para conducción, al Barranco, de las aguas que puedan evacuarse por limpieza o reparaciones, cuya conducción fue protegida por la correspondiente reja de seguridad, y la casilla en el perfil 120 con la fuente-ventosa, única de todo el trazado.

Durante el año 1.944 se realizaron las obras del sifón número 1, del trozo 32 y las del tramo a cielo abierto adyacente al mismo. Estas obras fueron muy laboriosas, por desarrollarse en su mayor parte por una calle de la Ciudad Lineal y por dentro de la factoría de la F.E.M.S.A., aumentando las dificultades la configuración del terreno, cuenco de recogida de las aguas pluviales precipitadas entre las calles de Arturo Soria, Carretera de Aragón y el alto donde está emplazado el Hotel de los Catalanes, que obligaron en más de una ocasión a excavar de nuevo las zanjas ya preparadas para recibir la cama de cimentación y la tubería, así como a levantar las armaduras ya colocadas dentro de los encofrados correspondientes, con el fin de sanear y limpiar los barroes depositados por las aguas turbias. Estas inundaciones produjeron derrumbamientos en las paredes de las zanjas, que hubo que revestir en muchos tramos con muros de ladrillos; rompieron las conducciones de agua a la Ciudad Lineal y amenazaron las construcciones próximas, que hubo que recalzar. Se construyeron los enlaces extremos del sifón al resto de la conducción, ejecutando las correspondientes casillas de registro y ventilación; el registro y la galería de desagüe de fondo, y habilitando los caminos necesarios para el suministro de los materiales precisos para la construcción. Se procedió al terraplenado de las zan-

jas, reparto de las tierras en forma de terraplén sobre el trazado, y al transporte de las sobrantes a vertedero. Durante este período se construyó la tubería de hormigón armado del sifón número 3 y gran parte de su desagüe de fondo bajo el camino de servicio, atravesando en túnel los contrafuertes existentes en un barranco con cauce verdaderamente sinuoso, ejecutando también los enlaces extremos y las casillas-registro correspondientes, así como la ubicada en el punto más bajo del sifón para alojamiento de la llave de evacuación. Se iniciaron también durante el año a que nos referimos las obras del sifón de cruce de la carretera de Madrid a Hortaleza, con cuya obra el Trozo 19 del Canal del Este se une a la galería de alimentación del 5º Depósito.

Durante el año 1.945 se terminaron las obras del sifón de la carretera de Hortaleza y su largo desagüe de fondo se ejecutaron las casillas-registro de sus cabezas y los empalmes correspondientes, y la casilla del desagüe de fondo, debiendo advertir que éste es larguísimo y escalonado para adaptarlo mejor al terreno por donde se desarrolla, sensiblemente paralelo a la carretera. En el Trozo 29 se procedió a rellenar las zanjas de excavación y a acondicionar las tierras sobrantes sobre la traza.

En resumen, el Canal del Este se deriva del Nuevo Canal en el llamado caserío de La Malmea. El trozo primero, que termina en la galería de alimentación del Quinto Depósito, mide en total 3.390,02 metros de longitud y tiene pendiente de 0,000809; su capacidad de conducción es de 3,250 m<sup>3</sup>/seg.

El trozo segundo, se inicia en el Quinto Depósito, con pendiente de 0,001 y sección en galería hasta la tubería de hormigón armado, de conducción forzada y sección circular de 1,62 metros de diámetro, con rasantes variables hasta el ori-



## 439.

TROZO 80

**TROZO 3º**

TH0200 11 Y 21  
CONSTRUCTION DE CONDUCCION. 51102

[illegible]

TR070 39

STATE OF CALIFORNIA

Technical drawing of a circular machine component, likely a pump or valve assembly, showing a cross-section. The drawing includes the following labels and dimensions:

- Top Labels:** "CORREA MONTADA" (Left) and "CORREA MONTADA" (Right).
- Top Left:** "Ø 117 mm" and "125 mm".
- Top Right:** "Linha de referência" and "Ø 117 mm".
- Left Side:** "Ø 117 mm" and "Ø 117 mm".
- Center:** "Linha de referência" and "Ø 117 mm".
- Bottom Left:** "Ø 117 mm" and "Ø 117 mm".
- Bottom Right:** "Ø 117 mm" and "Ø 117 mm".
- Bottom Center:** "Ø 117 mm" and "Ø 117 mm".
- Bottom Left (Text):** "Linha de referência" and "Ø 117 mm".

gen del "Barranco del Santo", punto donde se inician las fuertes pendientes del trazado hasta el más bajo de dicho barranco, continuando hasta la almenara de toma de la Arteria de Aragón. La longitud del trozo segundo es de 3.764,1 metros, su desnivel piezométrico de 34,50 metros, con una capacidad de conducción de 3,250 metros cúbicos por segundo.

Arranca el trozo de un pequeño depósito que se construirá después de cruzar la carretera de Aragón. Salvo en los tres sifones intercalados en su trayecto, tiene una pendiente general de 0,000443 y un desarrollo total de 6.123,21 metros, con capacidad de conducción de dos metros cúbicos por segundo. Este trozo tercero acaba en la galería de alimentación del Sexto Depósito, situado en los altos de Vallecas.

En el año 1.950, todavía no estaba terminada esta considerable obra que tanta importancia va a tener en el desarrollo del Norte y Este madrileño.

#### 3.5.4. Otras obras de importancia

La primera de ellas es sin duda la elevación de aguas del río Jarama en "el Roncadero" (3). Tiene por objeto esta obra poder aumentar el abastecimiento de aguas a Madrid, con las elevadas desde el río Jarama hasta el Canal Primitivo (Km. 12, Hm 0), inmediatamente aguas abajo del Acueducto de "Las Cuevas".

En cumplimiento del acuerdo tomado por el Consejo de Administración del Canal de Isabel II, para prever soluciones al problema que se planteaba con la "pertinaz sequía" padecida, se hizo el día 30 de marzo de 1.949 un reconocimiento de aquellos puntos del río en que dicha elevación pudiera hacerse. Se eligió como mejor sitio el denominado "El Ron-

cadereo", en el cual existe una profundidad de cuatro metros desde la lámina superior de las aguas medias hasta el fondo, lugar muy superior a ninguno de los puntos aguas arriba del río Jarama, en el trozo comprendido entre el barranco de Las Cuevas y el llamado "Junta de los dos ríos", o sea, la confluencia del Lozoya con el Jarama. En este tramo, el río va sensiblemente paralelo al Canal Primitivo, que al llegar a "El Roncadero" se desvía casi en ángulo recto en dirección al Este, separándose rápidamente de la traza del Canal. Se ha elegido, como antes se dice, el sitio indicado, donde se levanta aguas abajo el lecho del río formando así un depósito natural de unos  $6.000 \text{ m}^3$  de capacidad, reserva conveniente para alimentar la tubería de aspiración de la bomba que se instala. Otra ventaja que se obtiene en este emplazamiento es la de poder fundar la casa de bombas sobre espelón rocoso, que durante siglos ha resistido los embates de aquél y que desciende verticalmente hasta su fondo, ofreciendo una ubicación magnífica para esta clase de obras.

La distancia entre el río y el Canal es, en este punto de 154 m., y el desnivel, 30,67 m.

El plan de trabajos que se llevó a cabo fue el siguiente:

a).- Ejecución de las obras de desmonte necesarias para cimentar la casa de máquinas, de forma que estuviera a 1 m. por encima de las aguas medias, con objeto de lograr una buena aspiración. Dicho edificio tiene una altura tal que no le afectan las máximas avenidas del río (4 m. sobre las aguas medias), disponiendo su acceso, tanto para el personal encargado de su manejo, como para la instalación de maquinaria, por la parte superior y fuera de posibles inundaciones. En un plano elevado, formando conjunto con el edificio, se ha situado todo el equipo eléctrico necesario para la transformación de la energía eléctrica y alimentación

de los motores. Con objeto de que la estructura fuese lo más económica y resistente, se adoptó la planta circular y forma cilíndrica, para evitar toda clase de armaduras. El diámetro interior es de 9 m., la altura 4 m., desde el suelo de la casa hasta el arranque del casquete esférico que sirve de cubierta, provisto de un zuncho de hormigón armado que hace de arranque y apoyo.

b).- Construcción de las obras y rampas necesarias para instalar las tuberías de impulsión.

Las obras comprenden los cruces con: El Canal de Cabarrús, la carretera de Torrelaguna a Cogolludo (Hm. 2 del Km. 5), el camino de acceso a la casilla de guardas del Canal de Isabel II, denominada "El Jardinillo", y últimamente una servidumbre de paso de ganado próxima a los muros de sostenimiento del Canal en el sitio fijado para la alimentación. Como obra final, se construyó una arqueta de rotura de carga, que, en líneas generales, obliga a que el agua pase de la sección dada por las dos tuberías a otra mayor que reduzca la velocidad de circulación de agua. Por las tuberías pasa a  $2 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , y en la arqueta se reduce para permitir verter el caudal elevado suavemente en el interior del Canal. Esta arqueta está dispuesta de tal forma que puede circular por el Canal el agua procedente del río Lozoya, captada en la Presa de "La Parra", sin que se vierta al interior de las tuberías de impulsión; pero que a su vez, y por medio de un cierre de viguetas, se consigue que a voluntad esto pueda ocurrir, al objeto de poder efectuar la carga de las tuberías y el cebado de la bomba en caso necesario.

c).- Instalación de todo el conjunto compuesto de aspiración, bomba e impulsión.

La aspiración se efectúa por intermedio de un tubo de chapa perforada, sumergido en la fosa natural de "El Ronca-

dero". Este tubo empalma, por intermedio de dos cuevas, un tramo recto y una pieza cónica de reducción, con la brida interior de la bomba. Esta es tipo "Sulzer", que eleva 500 l/seg., accionada por un motor Siemens de 500 H. P., a 500 voltios. En el arranque la impulsión, que es de 500 mm. de diámetro interior, se ha situado la válvula de retención, de forma que trabaja en posición casi vertical, para facilitar su accionamiento. A continuación se colocó una pieza de bifurcación que enlaza con las dos tuberías gemelas de impulsión, de 600 mm. de diámetro interior, por intermedio de los válvulas-compuertas del mismo diámetro y accionamiento a brazo.

Para adelantar tiempo y economizar dinero, se han utilizado en esta instalación elementos disponibles en el Canal: El grupo moto-bomba, con su equipo eléctrico, fue cedido por el Servicio de Elevación de aguas, en Madrid; las tuberías de 600 mm. de  $\phi$ , proceden de la instalada y fuera de servicio en la Central Eléctrica de Torrelaguna y que suministraba el agua para accionar los dos grupos de excitación, como asimismo dos válvulas-compuertas de 600 mm., y las juntas de dilatación.

d).- Montaje de una línea eléctrica de 9,5 Km. y de 6.000 voltios, desde la Central Eléctrica de Torrelaguna, para el accionamiento de los diversos motores.

e).- Limpieza del tramo del Canal Primitivo entre el Acueducto de "Las Cuevas" (Km. 12, Hm. 0) y la almenara de Empalme con el Canal Transversal (Km. 24, Hm. 7,5).

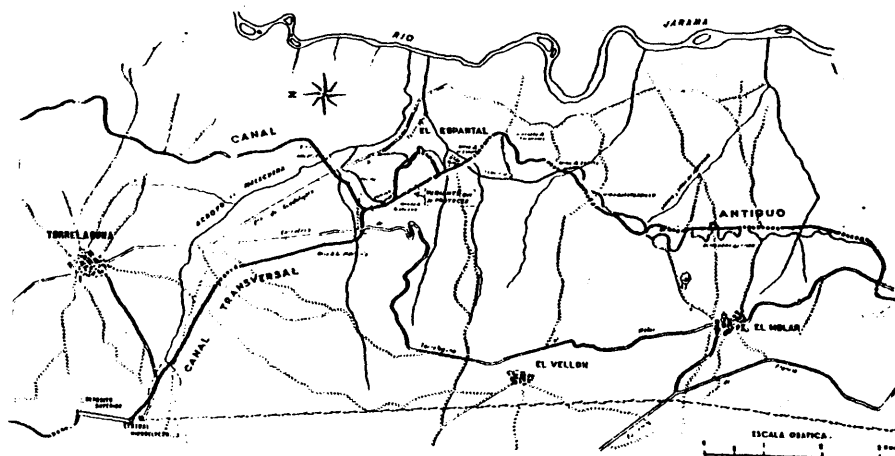
f).- Reparación del mismo para recibir el caudal de agua elevado en "El Roncadero", aumentado con el que pueda recogerse en la Presa de "La Parra", y conducido por el Canal Primitivo, reparando numerosas fisuras y desprendimientos de antiguos enlucidos, extremando esta reparación en la peligrosa

zona de yesos comprendida entre el Acueducto del Prado de La Nava (Km. 19, Hm. 4) y la Almenara de entrada del Sifón de Malacuera. Solamente se enlucó la solera, medias cañas y los laterales hasta 0,70 m. de altura.

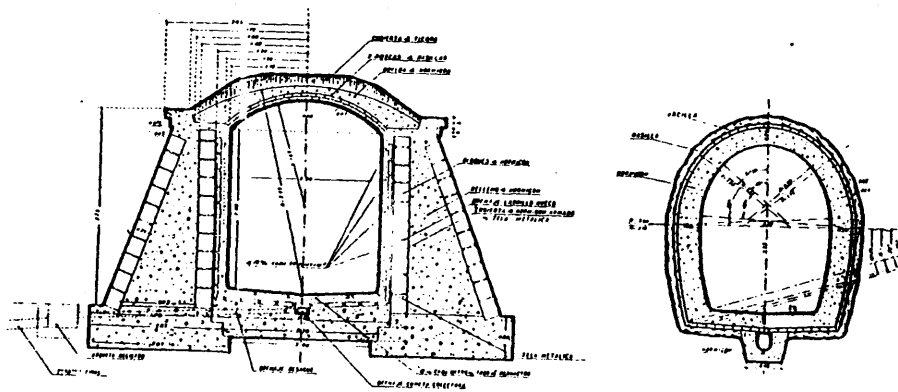
g).- Instalación en el interior del Canal, entre el barranco de Patones y Almenara de San Román, de tres extensos dispositivos para el sucesivo filtraje rápido de las aguas, por medio de campos de grava, gravilla y arena.

También es importante reseñar las obras de consolidación del Canal Antiguo en la zona de los yesos de Torrelaguna. Ha sido preocupación constante del Canal de Isabel II el grave problema que para el abastecimiento de aguas de Madrid representa el trazado del Canal Antiguo en un tramo comprendido entre la almenara de "San Román" y el espigón de "El Espartal" por un terreno perteneciente, en su mayor parte, al secano, compuesto de roca yesosa y conglomerado, y que, debido a las socavaciones producidas por la disolución del yeso, dan origen a peligrosas grietas en las fábricas del canal, compuestas de mamposterías con mortero de cal y cavernas enormes que amenazan su ruina. Las obras de reparación urgente era preciso ejecutarlas sin interrumpir el abastecimiento, pues hasta el año 1.941, en que entró en servicio el Nuevo Canal, se realizaba por el Antiguo, y aunque desde dicha fecha se alivió la grave situación, no se resolvió totalmente, pues debido a las necesidades crecientes de Madrid, el caudal que circula por el Canal Antiguo había aumentado de 1 m<sup>3</sup>/seg. a cerca de los 4 m<sup>3</sup>/seg.

En los últimos años se hacían reparaciones urgentes o se reconstruían tramos pequeños del canal en aquella zona, hasta que, con motivo del Plan extraordinario de obras (1949), se pensó resolver definitivamente el problema llamado "de la zona de yesos", redactándose en el año 1.948 el "Proyecto de variante del Canal Antiguo entre la Almenara de empalme



Plano de situación



Secciones tipo

y el acueducto de El Espartal".

Se proyectó la reconstrucción del tramo inmediato a la Almenara de empalme, de canal a cielo abierto, en longitud de 487,70 m., de los cuales 171,90 m. se habían reconstruido en años anteriores, sin abandonar en general el primitivo trazado, para lo cual había que desviar el caudal mediante tuberías de chapa de palastro y arquetas, puesto que no se podía interrumpir en modo alguno el suministro de aguas a la capital. También se proyectó una variante propiamente dicha del canal a continuación del tramo mencionado hasta el final en El Espartal. Esta variante, de 927,66 m., de los cuales 804 m. son en túnel, acorta el trazado antiguo en una longitud de 717,79 m. (casi lo reduce a la mitad).

Las secciones empleadas para canal a cielo abierto y para túnel, utilizan drenes de ladrillos huecos que recogen las filtraciones y las conducen al colector inferior, impidiéndose que el agua pase al terreno yesoso. La capa de arcilla colocada en los túneles, junto a la roca, sirve de relleno y contiene las aguas salenitasas procedentes del terreno que, en contacto con el hormigón producirían su descomposición.

La variante del túnel ofrece las ventajas de proporcionar otra conducción más, pues el actual trazado se conservaría y se dispondría de dos canales, con mayor garantía en el abastecimiento.

A finales del año 1.950 se encontraba reconstruída casi toda la parte primera en canal a cielo abierto, salvo un trabajo de 40 m., donde se coloca la almenara de bifurcación para la variante.

Fue necesario también recrecer y reforzar el Canal Pri-



mitivo. Al construir el Canal Antiguo se dió a la generalidad de los acueductos una sección menor que al resto del canal, compensado, en parte, con una mayor pendiente. Al transcurrir los años se han ido aumentando los caudales, habiendo llegado en el trozo hasta ahora en uso, o sea desde la Almenara de empalme con el Canal Transversal y el Partidor, en Madrid, a los  $4 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , lo que ha exigido el recrecimiento y refuerzo de todos los acueductos, obras de gran importancia que se terminaron en el año 1.934. Unicamente quedó sin recrecer el acueducto de Amanuel e inmediato a los depósitos de Madrid, por no ser posible efectuar la obra sin rebajar el nivel de éstos, operación que no puede hacerse en tanto no esté en servicio la unión entre Depósitos.

Al poner nuevamente en servicio el Canal Primitivo, desde la presa de "La Parra" hasta la Almenara de empalme con el Transversal, con objeto de llevar al Canal Antiguo propiamente dicho, las aguas de la presa de "La Parra" y de las posibles del Jarama en el Roncadero, es preciso, debido a los grandes caudales que hoy se envían a Madrid, poner en carga el acueducto de los cinco ojos, inmediato a la Almenara de empalme. Para evitar esta operación peligrosa se proyectó y ejecutó en el año 1.950 el recrecimiento de los muros de cajero en 466,50 m. del canal, y en altura de 1,05 m., previa la demolición de la bóveda y desmonte de la impostilla de coronación de sillería. Se construyó la nueva cubierta de bóveda de ladrillo hueco y hormigón en masa con atirantamientos de varilla de hierro protegidas contra las oxidaciones por una camisa de hormigón y enlazada con dos vigas longitudinales sobre los cajeros, que asegura la obra contra los empujes horizontales del agua.

Esta obra ha permitido el refuerzo diario en el abastecimiento de 20.000 a 30.000  $\text{m}^3$  de aguas del Lozoya procedentes de La Parra. ~

En esta época se construye el Cuarto Depósito. Terminal del Nuevo Canal de conducción, situado en la Plaza de Castilla (Hotel del Negro), en la confluencia de la carretera de Maudes y del Portazgo con la general de Madrid a Francia por Irún. Su capacidad es de  $180.000 \text{ m}^3$ . El nivel en el aliviadero está en la cota 727 m., y la altura del agua sobre la solera es de 6,50 m. La planta es rectangular de 242,36 por 130 m., dividido en cuatro compartimientos iguales. La solera, muros de recinto y divisorios son de hormigón en masa. Sobre estructura constituida por pilares y arcadas de ladrillos cerámico se apoyan viguetas de hormigón armado de 4,22 m. de luz, separadas 1,60 m., sobre las que se voltean bóvedillas de rasillas cubiertas por una capa aislante de tierra de 0,35 m. de espesor.

El segundo depósito elevado está ubicado en las inmediaciones del Cuarto Depósito de agua, con una capacidad de  $3.800 \text{ m}^3$  y tiene las características siguientes:

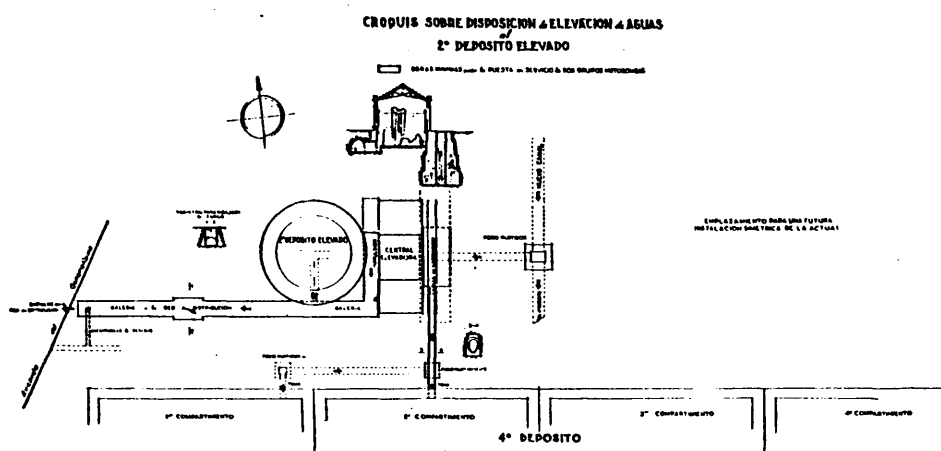
Diámetro externo del Basamento, 19,40 metros: ídem del fuste 19 m. Diámetro exterior de la copa, 27,90 metros: ídem interior, 25,90 metros. Altura desde la plataforma del Cuarto Depósito hasta el arranque de la copa, 25,80 metros; ídem de la copa, 11,40 m., y la total desde la rasante de explanación, 37,80 metros.

El quinto depósito situado en el recorrido del Canal del Este, entre las carreteras de Hortaleza y Canillejas, tendrá una capacidad de  $81.000 \text{ m}^3$ , dividido en tres compartimentos. Sus dimensiones totales son 196,40 por 85,50 metros.

Y el sexto depósito, terminal del Canal del Este, con cabida de  $130.000 \text{ m}^3$ . Está situado entre el Puente de Vallecas y el pueblo del mismo nombre y dividido en cuatro compartimentos. Es rectangular, de 274,40 por 95 metros.

Es de destacar también la construcción de la elevación de aguas al 2º depósito elevado.

Las obras consisten en cinco tomas, una en cada uno de los cuatro compartimientos del 4º Depósito, y otra en el Nuevo Canal, antes de llegar éste a su partidor de alimentación de dicho Depósito.



Estas tomas se enlazan por canales en carga, de sección visitable en ovoide-normal 150/100, con una zanja de aspiración vecina de la Casa de Máquinas, donde se instalarán los grupos moto-bombas. Se prevén ocho de estos grupos. Desde la Casa de Máquinas se contruye una galería que ha de alojar la tubería de impulsión hasta los límites de los terrenos del 4º Depósito. Al paso de esta tubería por el pie del 2º Elevado se injerta otra, que sube a lo alto de éste, con lo cual se le pone en servicio, sirviendo de chimenea de equilibrio de presiones en la red y depósito de reserva para atención a los aumentos rápidos de consumo.

Se redactó un estudio de obras mínimas necesarias, con presupuesto por Administración de 1.370.143,90 pesetas. En

El las cinco tomas se reducen a una en el segundo compartimiento del 4º Depósito, el ovoide de conducción a la zanja de aspiración y la construcción de ésta y la Casa de Máquinas sólo en la parte necesaria para instalar los dos grupos moto-bombas. La galería de impulsión se construye casi en su totalidad.

Otras de las obras que se construyeron en este período fueron la unión entre el 4º Depósito y los Depósitos 3º y 2º, aunque no se terminaron.

#### 3.5.5. Proyecto del Canal del Jarama. (4)

Tomados los datos de campo durante el verano de 1.946, se inició la redacción del Proyecto propiamente dicho en marzo de 1.949, ultimándose en 31 de mayo del mismo año, siendo aprobado técnicamente en virtud de Orden ministerial de 22 de julio de 1.950, estando en tramitación en 31 de diciembre de 1.950 su aprobación definitiva, fue aprobado definitivamente en virtud de Orden ministerial de 13 de enero de 1.951.

Ahora bien: teniendo en cuenta que el primer apartado de aquella disposición dice textualmente: "El Canal de Isabel II deberá proceder a formular oportunamente los proyectos de replanteo de los tres trozos en que se ha dividido el Proyecto general del Canal de conducción de las aguas del río Jarama para el abastecimiento de Madrid", y como por otro lado se daba la circunstancia de que en el lapso de tiempo transcurrido desde su redacción hasta su aprobación se habían producido aumentos sensibles en la inmensa mayoría de los diferentes precios unitarios que figuraban en él, lo que hacía absolutamente necesaria la redacción de los reformados de precios correspondientes, se presentaron en 30 de septiembre de 1.950 a la aprobación de la superioridad, los proyectos de replanteo y reformado de precios de cada una de las tres secciones en que se dividió el Proyecto primitivo. Los

proyectos reformados fueron aprobados por Orden ministerial de 3 de julio de 1.951.

#### Descripción del proyecto:

Capacidad de la conducción. El acueducto del Jarama se inicia agua-abajo de la presa de "El Vado" en las inmediaciones de la misma, a la cota 888,932 m., mediante la obra de toma que se detalla más adelante, quedando una altura de presa aprovechable de 34,50 m., lo que representa un embalse de 51,3 millones de metros cúbicos, más que suficiente para asegurar la regulación de  $4 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Ahora bien, teniendo en cuenta que las cuencas alimentadoras del Jarama en el Pantano de El Vado y la del Sorbe en el lugar denominado "Pozo de los Ramos", tienen extensiones similares,  $380 \text{ Km}^2$ . y  $400 \text{ Km}^2$ , respectivamente y, además, los aforos realizados en el Sorbe resultan comparables a los caudales de los mismos días del Jarama, suponemos factible, por tanto, regular otros  $4 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , como máximo, en aquel río. Es decir, que se podrá llevar por el canal cuyo proyecto describimos,  $4 \text{ m}^3/\text{seg.}$  Jarama +  $4 \text{ m}^3/\text{seg.}$  Sorbe =  $8 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Se representa en la figura 1, el interior de la sección del canal proyectado, así como el nivel alcanzado por el agua, cuando aquélla conduzca únicamente las aguas del Jarama, cuando lleve la suma de los caudales de este río y del Sorbe, y el producido por el máximo de que es capaz la mencionada sección.

Justificación de la pendiente adoptada. La pendiente adoptada ha sido, según ya hemos visto, la de 0,00025. En realidad ha sido impuesta porque interesando salir de la presa de El Vado con el Canal del Jarama a la cota más baja posible, con objeto de poder disponer del máximo volu-

SECCION INTERIOR CANAL ADOPTADA  
1:0.00028

452.

Fuente: Canal de Isabel II.

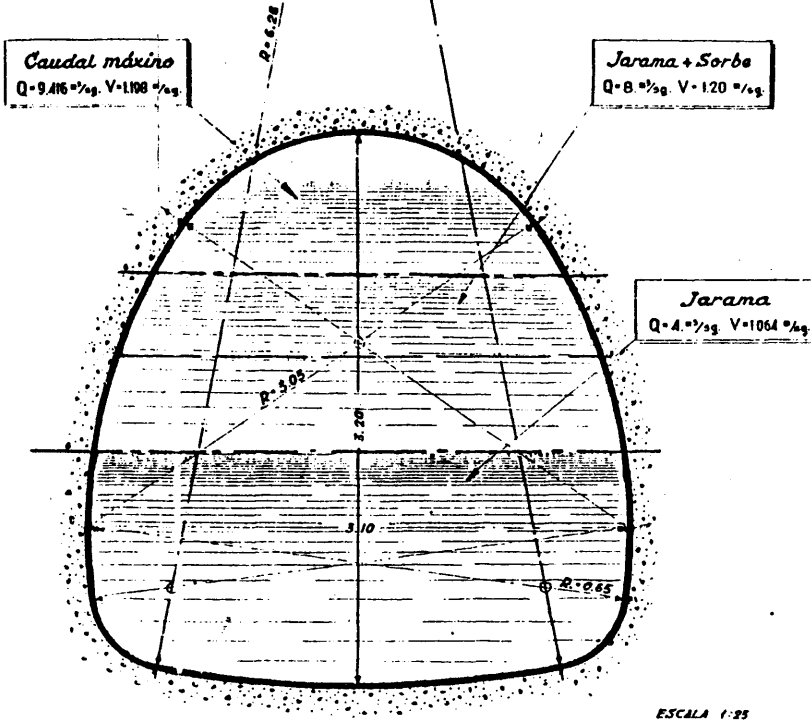


Fig. 1

PANTANO de "EL VADO"

PANTANO de "POZO de RAMOS"

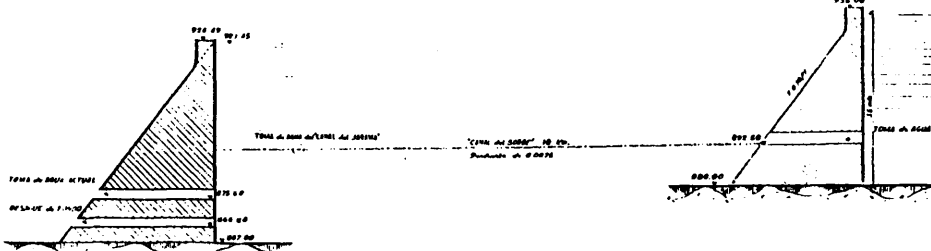


Fig. 2

men de agua para regular aquél, y puesto que el Canal del Sorbe, como veremos más adelante, se injerta en dicho canal agua-abajo de aquella Presa en sus inmediaciones, podría resultar al forzar la pendiente del canal proyectado el haber salido con él a cota mayor que la de llegada del Sorbe. Además que la longitud de su trazado, 35 Km., con numerosos sifones, supone una pérdida de carga de consideración.

Según puede verse en el croquis de situación del embalse que acompañamos (fig. 2), teniendo en cuenta que la cota de salida del Canal del Jarama es de 888,932 m. y suponiendo que la de llegada del Canal del Sorbe es la 890 m. puesto que tendrá unos 10 Km de longitud, en números redondos, nos veremos igualmente precisados a darle una pendiente de 0,00025, con objeto de aprovechar al máximo el volumen embalsado por la Presa del Pozo de los Ramos en este río, punto obligado para ubicarla, ya que se trata del único estrechamiento en pizarras silurianas que ofrece las máximas garantías de impermeabilidad, siendo posible geológica y aun topográficamente el construir una presa de hasta 100 metros de altura, si fuera preciso. La cota en el lecho del río en este punto es la 880 m., sólo 13,50 m. más alta que la de la solera del Canal del Jarama a su llegada, en las proximidades del Depósito Superior del aprovechamiento hidráulico de Torrelaguna, 866,50 m., siendo la del cauce del río Jarama en la presa de El Vado la de 862. m.

Por otro lado, la pequeña pendiente, por lo que se refiere a canales de abastecimiento de agua, ofrece la ventaja de que actúan como verdaderos embalses, produciendo la decantación de las aguas, aunque tienen el inconveniente del atarquinamiento, sobre todo tratándose de las aguas del Jarama, que llevan algo de arcilla en suspensión, razón por la cual se proyectan numerosos registros de limpieza, según más adelante podremos ver.

Trazado del Canal. El Canal del Jarama tiene su origen como ya hemos manifestado, en las inmediaciones de la Presa de El Vado (fig. 3). Siendo su longitud total de 35.478,74 m. de los cuales corresponden a sección en canal propiamente dicha 30.993,74 m., que se subdivide a su vez en 16.289,22 m. de canal a cielo abierto, 12.651,41 m. en túnel y 2.053,11 m. sobre acueducto.

Los sifones que se proyectan tienen una longitud de 4.485 m. de tubería doble, de hormigón armado, centrifugado y vibrado, con camisa de chapa de palastro intermedia, lo que representa un total de 8.970 m. de aquélla, de 1,50 m. de diámetro interior.

Se ha dividido la totalidad de la conducción en tres secciones: La primera, comprendida entre el origen hasta pasado el Sifón de Tortuero con una longitud de 11.457,22 metros. La segunda, desde este último punto al Sifón del Pontón de la Oliva, inclusive, con longitud de 11.358,10 metros, y la tercera, desde este sifón hasta el final, con una longitud de 12.483,42 metros.

Principales obras que comprende el Proyecto. La sección del canal en toda la longitud de su trazado se encuentra revestida con hormigón de 250 Kg. de cemento y enlucida con una capa de 15 mm. de mortero de 500 Kg. El espesor del revestimiento se proyectó según la naturaleza del terreno, rocas calizas, pizarras, tránsito, etc., por el que atraviesa el canal.

El criterio seguido para el trazado del canal, ha sido el no ceñirse demasiado al terreno, evitando fuese sobre terraplén, para lo cual la clave de la bóveda debe encontrarse más baja que la rasante del terreno. La cota media del desmonte, a partir de la rasante de la solera del canal, puede estimarse en 3,50 metros.



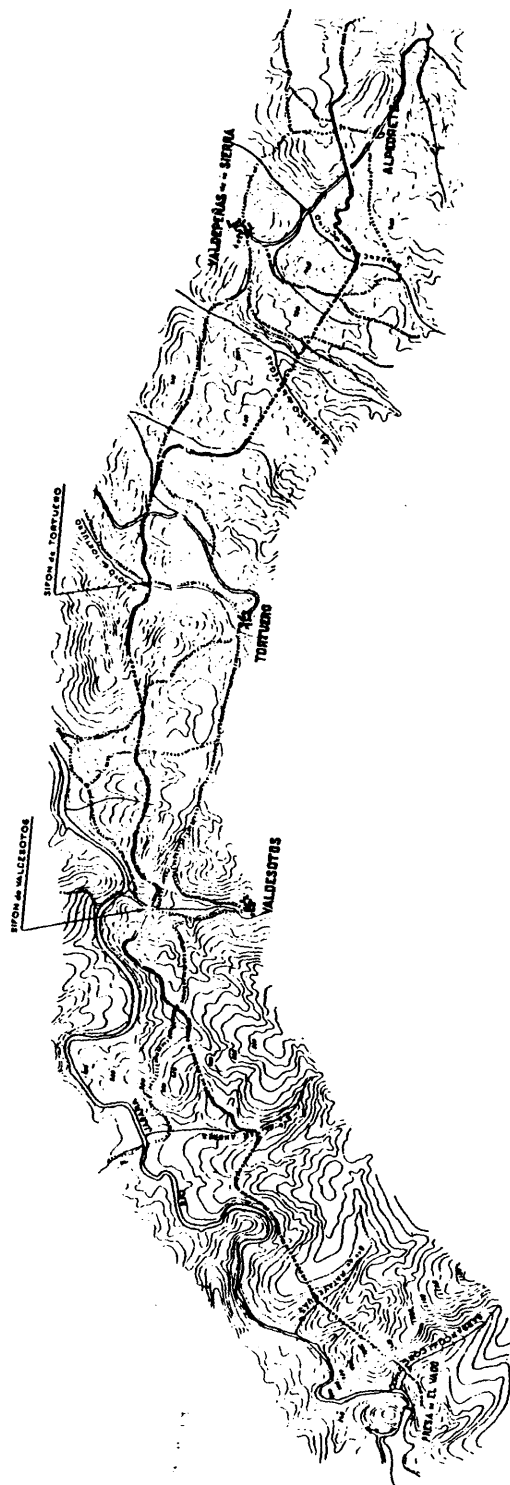
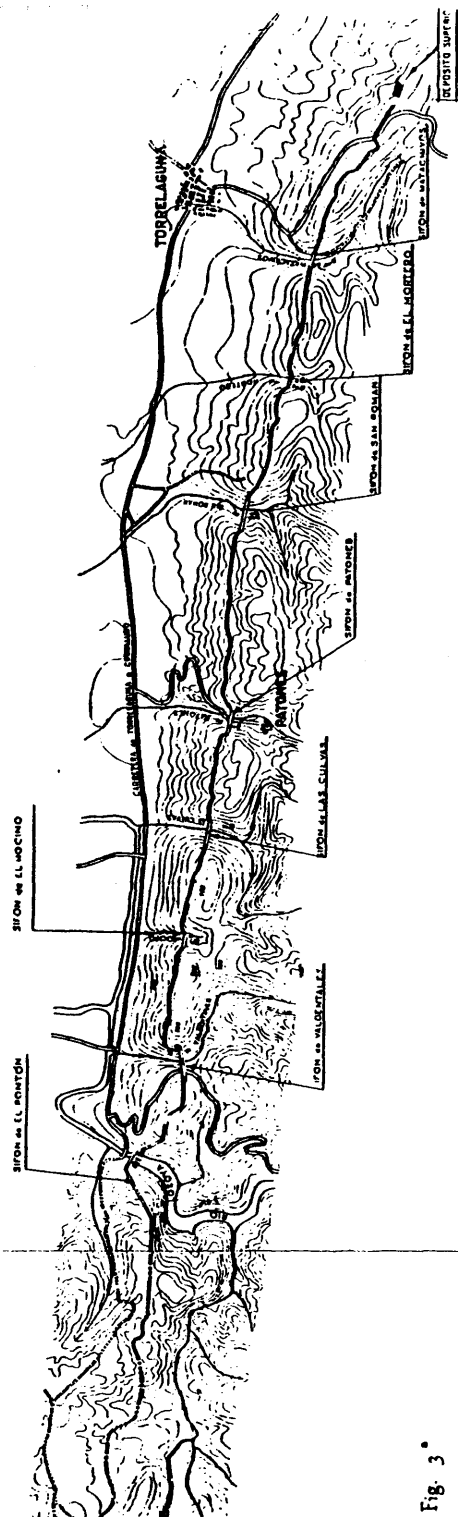


Fig. 3.



455.

Túneles. Según el criterio expuesto en el párrafo anterior, con objeto de evitar rodeos innecesarios y soslayar zonas de terreno en malas condiciones, ha hecho imprescindible que se proyecten numerosos túneles. El número total de ellos es de 34, siendo el de mayor longitud el situado entre los barrancos de la Vera y del Hocino, uno de 1.163,50 metros, en las proximidades de la Presa de El Vado.

Sifones. Se han proyectado 10 sifones, de los cuales el de mayor importancia es el denominado del Pontón de la Oliva, cuyas características fundamentales son: longitud, 1.511 m.; carga máxima piezométrica, 146,07 m. Este sifón pasa a través de la presa, estando instalado en el interior de una galería que se excavará en el macizo de la misma y de esta forma, además, apenas si variará el aspecto de esta obra, la más "venerable" del Canal de Isabel II, el de menor consideración, el de Mortero, de 127 m. de longitud y 27 m. de carga. Los restantes sifones se denominaron de Valdesotos, Tortuero, Valdentaes, Hocino, Las Cuevas, Patones, San Román y Matachivos.

Sus tuberías, del material indicado con anterioridad, de 1,50 metros de diámetro interior, se apoyan en toda su longitud en una cama de hormigón en masa de 200 Kg. de cemento, hasta su diámetro horizontal, estando provisto de cámara de entrada, de salida y desagüe propiamente dicho, situado en un lado del barranco, fuera de la obra de fábrica, sobre la que se sustenta el tramo inferior de cada sifón. Los acueductos de apoyo son de distinta importancia, según la de la depresión del terreno que deben salvar y el caudal de avenidas del arroyo, se han proyectado inspirándose en los del Canal Antiguo, estando constituidos fundamentalmente por arcos de directriz circular de 8 m., 4 m. e incluso, 2 m., según los casos. Respecto a sus materiales constructivos, se han proyectado los cuerpos de sus muros con hormigón de 200 Kg. aligerado, recubierto de

mampostería ordinaria, que sirven de encofrado durante la construcción; los tímpanos de mampostería rellenos de hormigón y las aristas de los muros de acompañamiento, estribos, boquillas de los arcos, pilas, etc., de sillería tosca.

La cámara de entrada de los sifones consiste, esencialmente, en una arqueta en la que desemboca el canal, donde se sitúa un desagüe de fondo con dos compuertas y, a continuación, un tajamar, también con otras dos, que divide la sección en forma de embudo y que va a cada una de las tuberías propiamente dichas, estando provistos dichos embudos de unas rejillas, para evitar pasen a las tuberías elementos extraños.

Cámara de salida. Es otra arqueta simétrica, a donde llegan cada uno de los dos tubos, provista de un aliviadero de superficie y cuyo borde está a la altura del nivel máximo de agua de la sección del canal. La longitud del vertedero es de 10 m., completamente diáfanos. Los aliviaderos desaguan a cada lado. Estas cámaras simétricas, mediante un tajamar con dos compuertas, se reúnen en otra, de la cual arranca el canal propiamente dicho. Se protege con una caseta idéntica a la de entrada.

Desagüe de fondo. Consiste en una arqueta enterrada en un estribo del acueducto que ha de servir de apoyo al tramo inferior de aquél y en la parte más baja de la tubería que atraviesa dicha arqueta, insertándose en ella y, mediante piezas especiales, dos tubos de fundición de 300 mm. de diámetro interior, estando provistas de sus correspondientes válvulas.

Obra de toma. Es una de las más fundamentales del canal que se proyecta y se ubicará en las inmediaciones de la Presa de El Vado, captándose las aguas del río mediante una

torre de maniobra que emergerá del máximo nivel de agua embalsada por aquel embalse y que está provisto de dos compuertas de 0,90 por 1,75 m., situadas en un fondo, disponiéndose una serie de ventanos a distintas alturas, por los cuales pasará el agua al interior, a cualquier nivel del embalse, con objeto de equilibrar las presiones interior y exterior. De estas compuertas arrancan dos galerías que se unen a un tubo de 1,50 m. de diámetro interior a la presión de 3 atmósferas, idéntico a los tubos de los sifones, que tienen que resistir aquella carga, y que estará alojado en una galería de la misma sección y pendiente que la normal del canal, capaz para un caudal de  $4 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , ya que sólo es necesario que conduzca las aguas correspondientes al río Jarama. Se prevé un registro de bajada, para que, una vez vacío, pueda ser inspeccionado.

A 194,46 m. de la torre de toma, se encuentra la denominada Almenara de Empalme, que consta de una arqueta, "cámara de llaves", dentro de la cual se divide el tubo de 1.500 mm. mediante una pieza especial de fundición en 3 tuberías de 900 mm. de diámetro interior, provistas cada una de ellas de una válvula de accionamiento a mano, desembocando en una cámara mayor que es la de "rotura de carga", propiamente dicha, en la que se proyecta un aliviadero de 10 m. de longitud, el nivel de cuyo umbral es precisamente el de la máxima altura de aguas del canal y que desagua mediante una obra de 3 luces de 2 m. y un desagüe de fondo que en su día podrá ser la cámara de salida del paso en sifón del río Jarama por el Canal del Sorbe, situado aguas abajo de las inmediaciones de la presa de El Vado. A la salida de esta arqueta se proyecta un tajamar y a continuación, en una longitud de 10 m., la sección de acuerdo (superficie reglada), tras la cual se inicia la sección normal del canal.

A las cámaras de unión y de llaves se llega por la

llamada "Caseta de acceso", que comunica por una sección en túnel con el exterior.

El conjunto de la obra de toma anteriormente descrita, se encuentra enterrada en la margen derecha del Jarama (pizarra siluriana), no acusándose al exterior más que los desagües del aliviadero y una parte de la caseta de acceso.

Para salvar las diferentes depresiones del terreno, aparte de los sifones ya descritos, se prevén pontones, pozos o badenes, según la importancia de la vaquada a atravesar por la conducción.

Se proyectan 39 pontones (aparte de los 10 apoyos de los sifones), 6, con arcos de 8 m. de luz interior exclusivamente, y 18 con arcos de 2 m. de luz.

Dado que la sobrecarga que actúa sobre los acueductos (pontones), es esencialmente igual a las que están sometidos los apoyos de las tuberías, se adoptan los mismos tipos de arcos.

Para corrientes de agua de menor importancia, se han prescrito dos tipos de pozos: 6 de 2 m. de luz y 7 de 1 m. proyectando este último tipo cuando la rasante del terreno es sensiblemente la misma que la de la solera del canal, en cuyo caso será necesario rebajar el terreno para construir el desagüe.

Por último, se incluyen 8 badenes o pasos superiores de las aguas por encima del canal, cuando la rasante de la solera del mismo sea inferior a la del terreno, protegiendo en este caso su sección con un macizo de hormigón revestido de un encachado.

Además de todas estas obras de fábrica reseñadas, fi-

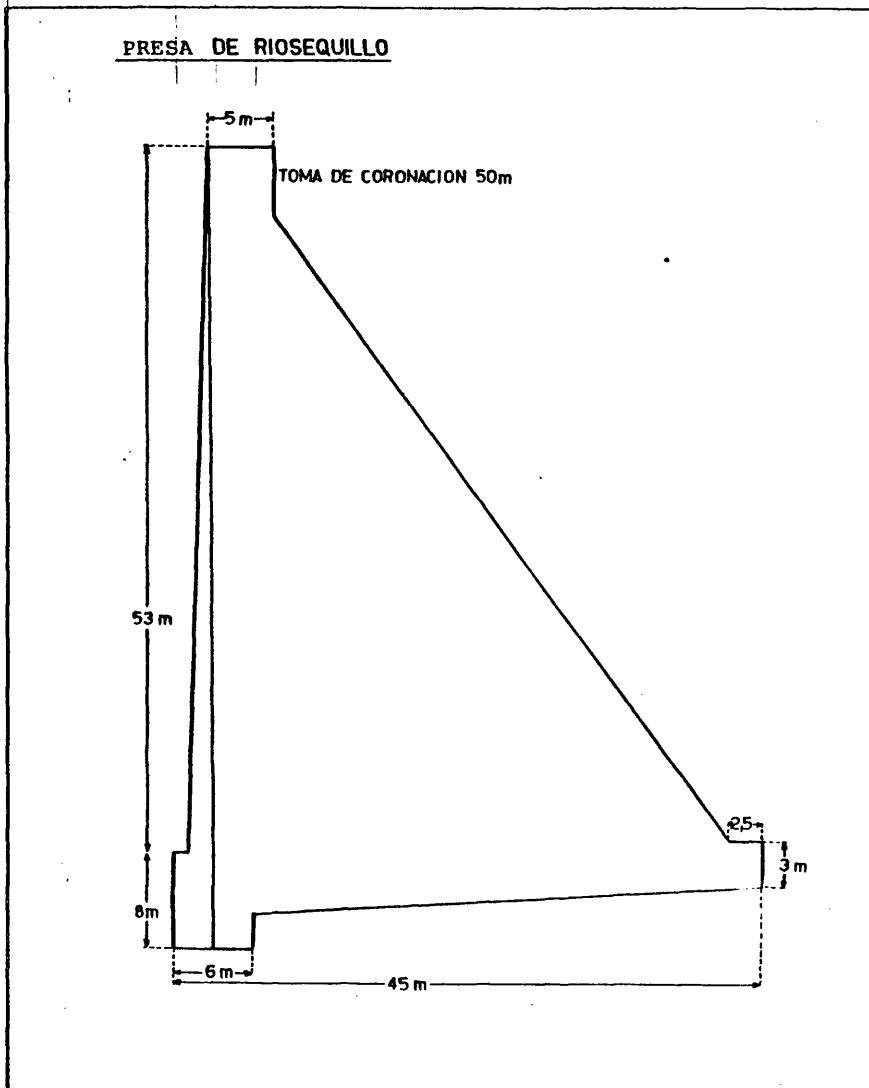
guran las denominadas "almenaras", indispensables al objeto de dejar tramos del canal comprendidos entre ellas, vacíos, para proceder a su reparación, e incluso conservación. Ahora bien, teniendo en cuenta que las cámaras de entrada de los diferentes sifones son verdaderas almenaras, no se ha creído necesario proyectar más que los dos de aquéllas, situándolas, la primera a 5 Km del origen y la segunda entre los sifones de Tortuero y del Pontón, junto a Alpedrete de la Sierra.

Igualmente se han proyectado 8 registros de bajada, habiéndose dado al pozo las dimensiones de 3,10 m. por 3,10 metros, para permitir el paso de una carretilla; 35 registros denominados de limpieza, situados a 500 metros de distancia entre sí y 14 registros para medida de la altura de la lámina de agua en el interior del canal.

#### 3.5.6. La Presa de Riosequillo.

En la Memoria del Canal, correspondiente a los cuatro años de 1.933 a 1.936, se propugnaba por elevar el caudal del abastecimiento al límite que permiten los canales existentes, con el fin de mejorar el servicio durante el verano y extenderlo a las zonas del término de Madrid que, careciendo de él, no están comprendidas en el Grupo 89 (ampliación de la red) del Proyecto de mejora, y aun a otros términos municipales limítrofes, problema que toma caracteres de urgencia por la agregación de otros municipios al de la capital de la Nación. En la misma Memoria se fijaba el caudal necesario para el abastecimiento, supuesta una población de 1.500.000 habitantes, con dotación de 500 litros por habitante y día, en el medio diario de 750.000 m.<sup>3</sup>, o sea, 8,68 m<sup>3</sup>/seg., que puede ser conducido por el Canal Nuevo, cuya capacidad, con la segunda tubería del sifón de San Vicente, pendiente de instalación, será de 6 metros cúbicos por segundo, y el antiguo, que la tiene de 4 metros cúbicos por

461.



Fuente: Canal de Isabel II.



segundo, en total, de  $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Aquella capacidad puede también lograrse en el Canal transversal, siempre que se lleve a cabo el recrecimiento de enlucidos y el refuerzo de algunas obras de fábrica y túneles.

Para asegurar el caudal de 8.680 litros por segundo, en la referida Memoria se calculaba necesaria una reserva de agua del orden de 110 millones de metros cúbicos, suponiendo que durante los cinco meses de estiaje, 15 de junio a 15 de noviembre, el caudal medio del río sea de  $1 \text{ m}^3/\text{seg}$ . y se llegaba a la conclusión, por ser la capacidad de los embalses en reserva de 80 millones de metros cúbicos, de que era necesaria la construcción de un cuarto embalse con la de 30 millones de metros cúbicos.

Se reconocía en la Memoria de referencia la conveniencia de seguir utilizando el río Lozoya, tanto por la economía de las obras, como por la calidad de las aguas, para emplazamiento del cuarto embalse, pero se prescindió de él, porque el lugar donde podría encontrarse un vaso suficiente, aguas arriba de Puentes Viejas, sería de expropiación costosísima e inadecuado, por inundarse praderas y zonas de gran cultivo, sin duda, se refería al tramo de río en el término municipal de Lozoya del Valle, y porque, si bien existían emplazamientos para varios embalses de menor volumen que, en conjunto, podrían dar el volumen total necesario, la solución sería costosa.

Un detenido estudio del cauce del Lozoya ha demostrado que en el término municipal de Buitrago, 420 m. aguas arriba de la cola del embalse de Puentes Viejas, con presa de 44 m. de altura, se logra embalse con volumen de agua de 31,2 millones de metros cúbicos, sin inundar amplias zonas de pradera ni otras de gran cultivo, y que no es de expropiación costosa.

El volumen de la presa proyectada es de  $145.900 \text{ m}^3$ , correspondiendo un volumen de  $213 \text{ m}^3$  de agua embalsada por  $\text{m}^3$  de fábrica en la presa. Esta relación, en la de Puentes Viejas, resulta ser de  $49.478.000/144.600 = 342 \text{ m}^3$ , y en la de El Villar:  $24.000.000/49.000 = 498 \text{ m}^3$ . Resultados lógicos, porque si los emplazamientos de las presas en el mismo río estuvieron bien elegidos, ordenados según el tiempo, los anteriores deben ser mejores que los posteriores, como antes se ha comprobado.

El volumen de este embalse, sumado al de los actualmente en explotación, da un total de  $24,4 + 49,4 + 31,2 = 105$  millones de metros cúbicos.

De las minuciosas estadísticas de los Servicios del Canal de Isabel II resulta que en los tres años de mínima aportación anual los caudales, clasificados por grados de transparencia, han sido:

<u>Caudales en millones de <math>\text{m}^3</math></u>			
	<u>1944-45</u>	<u>1931-32</u>	<u>1912-13</u>
Aguas claras	96,41	124,77	
Aguas con viso claro	10,46	2,77	121,00
Aguas con viso oscuro	9,47	1,37	
Aguas opalinas	9,47	0,10	6,00
Aguas turbias	6,56	0,74	6,00
Aguas muy turbias	6,56	3,37	2,00
Totales	122,90	133,12	139,00

Es decir, que en los años más desfavorables, con un sistema apropiado de canales de desviación de turbias y de trasvase de aguas claras, se hubieran podido llenar los tres embalses de aguas claras y con viso claro, todas perfectamente aptas para el consumo, sin más que la obligada perma-

nencia en los embalses para su depuración biológica, que al mismo tiempo completa la clarificación de las aguas de viso claro (inapreciable en pequeñas cantidades) en el embalse más alto.

El embalse de Ríosequillo, en vías de realización, puesto que han sido adjudicadas y replanteadas las obras de la presa, requerirá un perfeccionamiento de las actuales instalaciones de El Villar y Puentes Viejas; conviene mejorar los canales de aislamiento de El Villar, prosiguiendo la corrección de los barrancos laterales que a ellos afluyen y llegan a obstruirlos con sus acarreos; ensanchar los túneles, que producen estrangulaciones en el paso de las aguas; aumentar hasta  $200 \text{ m}^3/\text{seg.}$  la capacidad de conducción del canal de desagüe de avenida desde El Tenebroso a El Villar, que, proyectada para  $120 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , sólo permite el paso de unos  $50 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , por no haberse desarrollado con la amplitud prevista; establecer una maniobra fácil de cierre al final del túnel de desagüe de avenidas, para aumentar el canal transversal desde Puentes Viejas, sin que las aguas pasen por El Villar, cuando por cualquier circunstancia quede inutilizable el agua de El Villar o tenga que bajarse su nivel por debajo de la toma baja, correspondiente al nivel del transversal; establecer un cierre de compuertas en la entrada del túnel del Merendal, al final del canal de aislamiento, en la margen izquierda de El Villar, para evitar las lentas y engorrosas maniobras del actual cierre de viguetas; disponer en el aliviadero de El Villar compuertas "Stoney" o cierre de alzas automáticas, y estudiar la conveniencia económica de construir el salto de pie de presa en dicho embalse.

Instaladas las compuertas del aliviadero del embalse de Puentes Viejas y terminado el de Ríosequillo, para que éste pueda desempeñar las funciones de aquél en relación con el de El Villar, dejando éste y el de Puentes Viejas

para embalses de aguas claras y el de Ríosequillo para maniobras y regulación de grandes avenidas, es preciso desviar las turbias de los arroyos de Madarquillos y la Nava, con cuencas de 95 y 72 Km<sup>2</sup>, al embalse auxiliar de El Tenebroso; conducir las turbias del Lozoya desde la cola de Ríosequillo hasta El Tenebroso, sirviendo este canal, al mismo tiempo, de aislamiento para Ríosequillo y Puentes Viejas, por su margen derecha, y proyectándolo para que en ciertos casos de paso a las aguas limpias del río al embalse de El Villar, y recoger por la margen izquierda los afluentes de Pinilla de Buitrago, Trinidad y Cigüñuela.

El proyecto de Embalse de Ríosequillo, en el río Lozoya, para el abastecimiento de Madrid, suscrito el 31 de agosto de 1.944 fue aprobado técnicamente por O. M. de 19 de junio de 1.945, en la época de máximo apogeo de la sequía que se padeció aquel año. Pasado a información pública, se aprobó definitivamente en 27 de agosto siguiente, siendo decretada la urgencia de la obra en 8 de septiembre.

Concurridas las obras de la presa propiamente dicha, el B.O.E., de 14 de octubre de 1.945, fueron adjudicadas por O.M. de 6 de febrero de 1.946 y replanteadas en 28 del mismo mes y año. Al mismo tiempo se anunció el del suministro de cemento, que quedó desierto, y el de las partes metálicas del aliviadero, se anunciaron otros nuevos en 25 y 26 de diciembre de 1.946 y fueron adjudicados por O.M. de 4 de agosto de 1.947. Hasta 6 concursos se hicieron para el suministro de cemento, de los cuales sólo uno pudo desarrollarse por destajos de 500.000 pesetas, por espacio de un año y otro de nueve meses y el resto se ha adquirido por destajos de 50.000 pesetas, en las condiciones fijadas por la superioridad.

Dificultades de todo orden retrasaron el desarrollo de los trabajos que a finales de 1.950, se encontraban sólo hacia

la mitad de su volumen total, con posibilidades de embalsar solamente 7 millones de  $m^3$  y 28 m. de altura útil, de los 50 que tiene, habiéndose colocado en obra 83.000  $m^3$  de hormigón de los 196.000  $m^3$  que figuraban en la ubicación del reforzado.

La presa fue proyectada con 44 m. de altura, con un embalse de 31 millones de  $m^3$ ; pero poco después de iniciarse la obra, el canal propuso razonablemente, y la superioridad la autorizó, el estudio de una presa de 50 m. de altura, lo que dio lugar al primer reformado suscrito en 21 de junio de 1.948 y aprobado por Orden Ministerial de 15 de octubre de 1.949. Este se justificaba principalmente por la elevación de 6 m. de la altura de presa, lo cual aumentaba el volumen de agua embalsada de 31,2 hasta 48,1 millones de  $m^3$ , bajando el precio de la fábrica de la presa de 161,69 pesetas a 147,37 pesetas  $m^3$ , aunque el volumen de fábrica subía de 140.000  $m^3$  a 196.000  $m^3$ , y el presupuesto de 22,7 a 28,9 millones de pesetas. Pero sobre estos aumentos, el Reformado acogía también los de las nuevas disposiciones en las tomas de aguas y desagües, puente sobre el aliviadero y aumento de precio del cemento, por lo que el presupuesto se elevaba a 66 millones de pesetas, por tanto, a 328 pesetas el  $m^3$  de fábrica de presa.

La introducción del apisionado mecánico en los hormigones y la adquisición de transformadores para la mejora del suministro de energía eléctrica, dieron lugar a un segundo reformado en 25 de noviembre de 1.949, aprobado en virtud de O.M. de 11 de mayo de 1.950, con un importe de 69,3 millones de pesetas y adicional de 4,2 millones. Nueva variación en el precio del cemento, dio lugar a otro reformado del quinto Grupo de Obras en 14 de noviembre de 1.950, con presupuesto de 39.477.108,51 pesetas, y adicional de 4.517.562,56 pesetas. Las modificaciones que se introdujeron en las tomas y desagües, así como la mayor carga de agua en compuertas,

dieron ocasión a otros Reformados en el tercer Grupo de Obras con adicional de 313.774,73 pesetas.

Se hizo en 30 de abril de 1.950 la propuesta de revisión de precios del mismo grupo de obras que se refiere a la presa propiamente dicha.

Hasta 1.951 se ejecutaron obras por valor de 43 millones de pesetas habiéndose traspasado la primera contrata de la presa a Pantanos y Canales S.A. y continuando Talleres E. Grasset S.A. con el suministro de compuertas para las tomas desagües y aliviadero.

Descripción del proyecto: Se trata de una presa de gravedad (tipo levy) cuya planta tiene dos alineaciones rectas de 1.060 m. de longitud total de coronación, 50 m. de altura, un volumen de fábrica de 196.000 m<sup>3</sup> y embalsará 48.000.000 de m<sup>3</sup>. Se proyecta un aliviadero de superficie de tres vanos de 8 m., con lámina vertiente de 5 m., cerrados por compuertas "Stoney" y una capacidad de desagüe de 450 m<sup>3</sup>/seg.. Una toma de agua alta y otra baja, cada una con dobles juegos de válvulas de 60 cm. de diámetro, o sea 16 válvulas en dos series de 8, con capacidad de desagüe de 34,5 m<sup>3</sup>/seg. a embalse lleno. Un desagüe alto y otro bajo, compuesto a su vez cada uno por juegos dobles de cuatro compuertas de 2,00 por 1,25 m., o sea 16 compuertas en dos series de 8 m., con capacidad de desagüe de 176 y 200 m<sup>3</sup>/seg. respectivamente, a embalse lleno.

El acceso a esta presa desde el Km 74 de la carretera de Madrid a Irún, poco antes de llegar a Buitrago, se hace por un camino de servicio de 600 m. de longitud.

La presa al finalizar el año 50, quedaba enrasada hacia la cota 990 m., con capacidad de embalse de 7 millones de m<sup>3</sup>.

Es actualmente el segundo embalse en el sentido del agua de los cuatro escalonados con que se cuenta en el río Lozoya. Fue embalse de cabecera hasta 1.967, en que se terminó el de Pinilla. Las aguas se vierten directamente en la cola del embalse de Puentes Viejas para su alimentación.

Entró en servicio en 1.954. Con una cuenca alimentadora de  $160 \text{ Km}^2$  y una aportación media de  $30 \text{ Hm}^3/\text{año}$ .

#### Datos y características (algunos ya citados)

Tipo de Presa: Gravedad.

Longitud: 1.060,26 m.

#### Cotas:

De cauce: 960 m.

De umbral aliviadero: 1.005 m.

De máximo embalse: 1.010 m.

Altura máxima del cauce

a coronación: 50 m.

#### Otras cotas:

Desagüe alto 980 m.

Desagüe bajo 968 m.

Toma baja: 986 m.

Toma alta: 996 m.

#### Capacidad:

Hasta el umbral del aliviadero:  $48 \text{ Hm}^3$

Hasta el nivel de Máximo embalse:  $50 \text{ Hm}^3$

Máximo caudal de aliviadero:  $450 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Máximo caudal de desagüe de fondo:  $380 \text{ Hm}^3$

Notas 3.5.

- (1) CANAL DE ISABEL II. Memoria 1.946-50. M.O.P. Madrid, 1.954. pag. 13. 108 y ss.
- (2) CANAL DE ISABEL II.: Memoria 1.939-45. M.O.P. Madrid, 1.945. pág. 51 y ss.
- (3) CANAL DE ISABEL II.: Memoria 1.946-50. op. cit. pág 229-232.
- (4) CANAL DE ISABEL II.: Memoria 1.946-50. op. cit. págs. 367 y ss.



### 3.6. Quinta época 1.951-1.979.

Este período se puede definir como de expansión, de crecimiento acelerado, o si se quiere, de mayor apogeo que ha conocido la construcción de infraestructuras en el Canal de Isabel II en toda su historia.

El número de instalaciones, presas, conducciones y redes de abastecimiento ha crecido durante estos 30 años de forma importante. No obstante, el propio Canal en sus Memorias (1) (fuente fundamental en estas páginas) reconoce dos períodos:

El primero de 1.950 a 1.965 que continúa las pautas de la etapa anterior con crecimiento de las instalaciones y mejoras constantes, pero por debajo de lo que crecía Madrid, particularmente, hubo años en los que el abastecimiento se hizo milagrosamente.

El segundo de 1.965 a 1.979, de fuerte crecimiento en las instalaciones y por otro lado de deceleración en la dinámica de crecimiento de la población, este hecho permitió que se pudiese mejorar de forma cualitativa y cuantitativa el abastecimiento a la ciudad, y también ha permitido la extensión de la red a bastantes municipios del área metropolitana. ( que crece en este período extraordinariamente).

En el primer período se concluyeron las obras de la presa de Riosequillo, el 19 de Enero de 1.963, y se comienzan a preparar las obras del embalse de El Atazar, con el Canal del mismo nombre, así como la Unión entre Depósitos, la unión entre El Goloso y la Plaza Castilla, el Canal del Este, Canal del Oeste, y Arterias principales y secundarias y algunos depósitos.

Las mejoras en el abastecimiento han permitido la co-

laboración del Canal en el Plan de Saneamiento Integral y en el Plan General de Estaciones Depuradoras, con lo que el ciclo del agua queda completo.

Las mejoras de la segunda época en lo que se refiere a grandes construcciones son:

Las Presas de El Vellón, Pinilla, recrecimiento de Manzanares el Real, Presa de El Atazar, Azud del Pozo de los Ramos, Presa de Valmayor, Presa de las Nieves y Tunel de Trasvase.

Hay que hacer constar que las presas de El Vado en el Jarama (comedido por Decreto 10/VII/54), y de Picadas en el Alberche (Consejo de Ministros 10 de septiembre 1.965) Decreto 2.943/1965, no fueron construidas por el Canal de Isabel II, si no que fueron adscritos al mismo por el Ministerio de Obras Públicas.

### 3.6.1. Embalses.

#### 3.6.1.1. El Vellón. (Memoria 1.951-69)

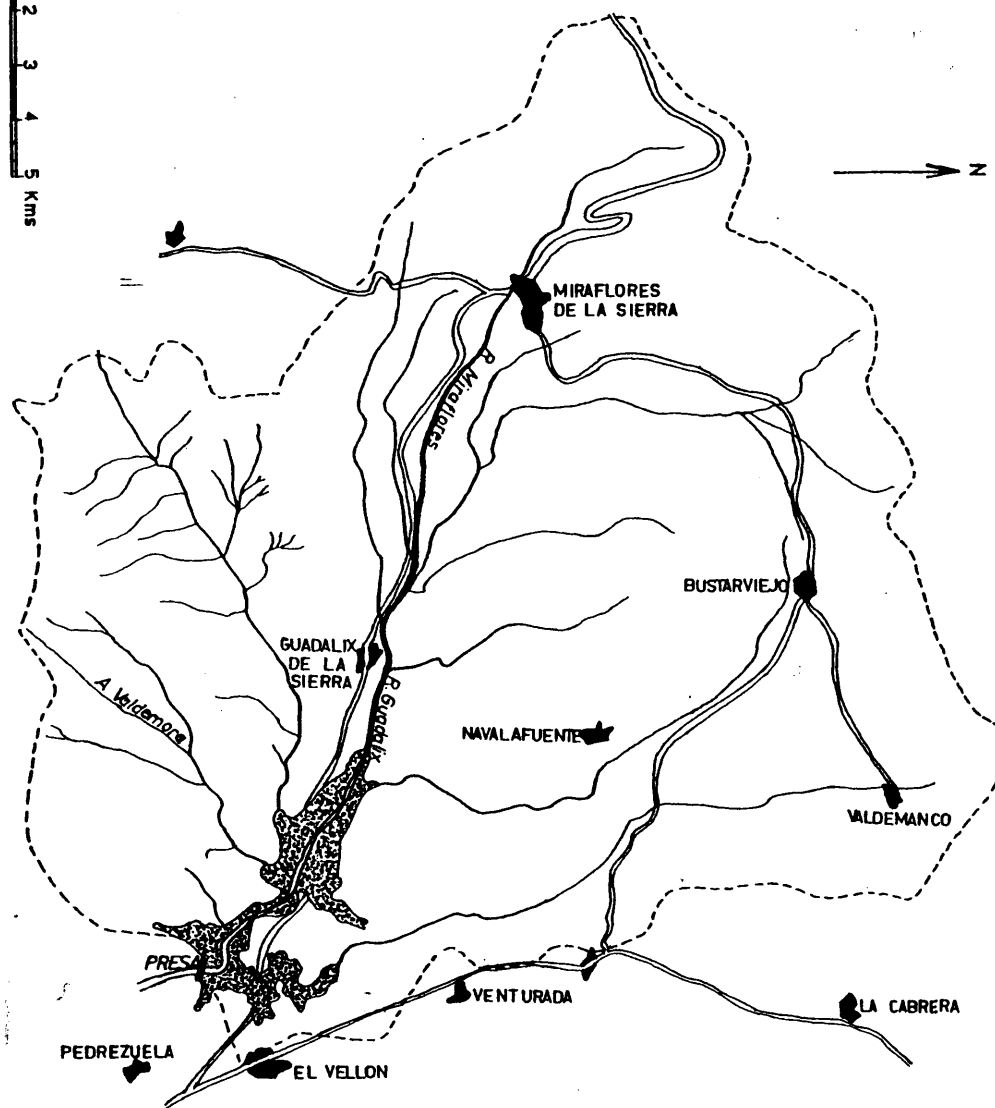
Es el único embalse que regula las aguas del Río Guadalix, las cuales se aprovechan antes, de una manera esporádica y sin regulación alguna, a través de la presa de derivación de El Mesto y el Canal de Guadalix que injerta en el Canal Bajo.

Ahora, las aguas almacenadas en el embalse de El Vellón alimentan al canal del mismo nombre que injerta en el del Atazar para su conducción a Madrid.

Tiene una gran importancia la situación estratégica de este embalse que permite, con un tiempo mínimo de 4 horas y un caudal hasta de  $12 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , alimentar simultáneamente

EMBALSE DE EL VELLON

0  
1  
2  
3  
4  
5  
Kms



las tres zonas: Alta, media y baja de la red de Madrid.

Año de entrada en servicio: 1.967.

Río en que está ubicado; Guadalix.

Término Municipal: Pedrezuela (Madrid)

Cuenca alimentadora: 218 Km<sup>2</sup>

Aportación media: 55,5 Hm<sup>3</sup>/año.

#### Datos y características:

Tipo de presa: Bóveda de doble curvatura.

Longitud. 218 m.

#### Cotas:

De cauce .....778,50 m.

De aliviadero.....822,00 "

De máxima de agua.....828,00 "

De coronación.....830,50 "

Tomas de agua.....787,90 "

Desagüe de fondo.....783,60 "

Altura máxima del cauce a

coronación..... 52,00 "

Capacidad máxima embalse..... 40 Hm<sup>3</sup>

Máximo caudal aliviadero 400 m<sup>3</sup>/seg.

Máximo caudal desagüe de

fondo..... 113 m<sup>3</sup>/seg.

#### 3.6.1.2. Pinilla.

Este embalse es el de cabecera de los cuatro escalonados a lo larga del Río Lozoya. Las aguas en él almacenadas son vertidas en el embalse de Ríosequillo, a través de un tramo del río, de 6 Km de longitud.

Año de entrada en servicio: 1.967.

Río en que está ubicado: Lozoya

Cuenca alimentadora: 240,47 Km<sup>2</sup>.

Aportación media: 140 Hm<sup>3</sup>/año.

Datos y características:

Tipo de presa: Gravedad, recta.

Longitud: 303 m.

Cotas:

de cauce.....	1.061,00 m.
de umbral aliviadero.....	1.085,20 "
de máxima de agua.....	1.088,80 "
de coronación.....	1.090,00 "
Altura máxima (de cauce a corona- ción.....	29,00 "

Capacidad:

Hasta umbral aliviadero.....	23,460 Hm <sup>3</sup> .
Hasta nivel máximo ambalse.....	37,547 "
Maxímo caudal del aliviadero (total).....	350,000 m <sup>3</sup> /seg.
Máximo caudal de desagües de fondo (total).....	55,000 "

3.6.1.3. Santillana II.(2)

Es una nueva presa, inmediata y aguas abajo de la antigua ( construida en 1.906 con 46 Hm<sup>3</sup> de capacidad) a la que anega, entró en servicio en 1.969, con una cuenca alimentadora 244,4 Km<sup>2</sup>. con una aportación media de 106 Hm<sup>3</sup>/año.

Es una de las obras con las que el Canal de Isabel II atiende el abastecimiento de agua a Madrid. Realizada en 2 meses (febrero de 1.968 a febrero de 1.969), con escalera y pantalla asfáltica, tiene unos 40 m. de altura sobre los cimientos.

Las características geométricas y numéricas se indican

en la ficha técnica y figuras adjuntas.

La implantación de esta presa ha tenido por origen las necesidades crecientes de agua en la capital del país. En el lugar más apropiado existía ya la presa de Santillana I, desde 1.920, ejecutada con mampostería y de 35 m. de altura.

En la idea de aumentar a 90  $\text{Hm}^3$  la antigua capacidad del embalse de 45  $\text{Hm}^3$ , se planteó y estudió se recrecimiento en 5 m., que eran los precisos para cumplir tal condición. Los ingenieros del Canal de Isabel II, en colaboración con el consultor I.N.T.E.C.S.A., realizaron un detenido examen comparativo de soluciones:

a) Recrecimiento del paramento aguas abajo, teniendo en cuenta, entre otras la experiencia francesa similar a la presa de Oule, en el Pirineo, y la española de Guadalmellado, en la cuenca del Guadalquivir; técnicamente presentaba problemas de drenaje y de tensiones en los contactos entre las fábricas vieja y nueva, de muy distinto módulo elástico.

b) Recrecimiento del paramento aguas arriba, considerando entre otras las experiencias de la presa Marshall Ford presentaba el grave inconveniente fundamental de vaciado del embalse.

c) Recrecimiento desde coronación mediante postensado hasta la roca, como en las precedentes de Cheurfas (Argelia), Tausa (India), Gafarsa (Etiopía) y Jouse (Francia); técnicamente se sentían dudas acerca de la tolerancia por la fábrica antigua del nuevo cuadro tensional creado por el posible postensado, pese al tratamiento preliminar efectuado y a los primeros ensayos realizados, relativamente satisfactorios; se unían a estos los previsibles problemas de relajamiento y de durabilidad.

d) Erección de una nueva presa, en escollera; la idea, relativamente sorprendente, de parangonar el recrecimiento en 5 m. de una vieja presa de 35 m. con otra nueva de 40 m. tenía una amplia base justificativa, y los hechos posteriores lo han confirmado; esta última, más rápida en plazo de terminación, más económica, y al parecer carencia de reparos cara al futuro. En el caso de nueva presa se plantearon dos variantes, una más económica, al estilo de la norteamericana de New Exchequer en la que la presa antigua serviría de ataguía y pie aguas arriba; otra, contemplando una presa exenta, inmediatamente aguas abajo de la anterior.

En la conformación económica resultaron progresivamente más baratas, del orden del 10 al 20 %, respecto a la anterior, las de: recrecimiento aguas abajo, idem arriba, escollera exenta, escollera recortada y postensada. Las dos últimas se eliminaron finalmente debido a que las pequeñas economías resultantes no compensaban el retraso de plazos, al tener que realizar, entre otros, un tratamiento de la presa primitiva, con lo que se hubiera perdido una campaña de embalse total, factor mucho más atrayente.

Quizá sea útil anotar que el primer estudio de la presa de escollera se hizo suponiendo impermeabilización con pantalla de hormigón, pues ya se conocían los precios y los primeros resultados de la presa de El Piedras; pero, iniciados los trabajos, pudo establecerse otra constante, con la pantalla asfáltica, por la obra de los diques de la presa de Almendra, donde la firma Strabag ejecutaba una pantalla de esta clase. Aunque los costes de esa época 1.968, eran favorables a la pantalla de hormigón, en la relación 1 a 1,8<sup>3</sup> aproximadamente, los precios posteriores han evolucionado de manera notable, reduciendo el de las asfálticas, se decidió al fin optar por la pantalla asfáltica en virtud de sus cualidades de buena estanqueidad y adaptación mayor a las deformaciones diferenciales del espaldón resistente.

Las referencias de apoyo en los congresos de presas de Roma y de Edimburgo influyeron en ello, así como los procedentes de las 28 presas tratadas por Strabag.

Fase de ejecución: Los trabajos se llevaron a cabo sin contratiempos en los 12 meses previstos. Las distintas etapas de la obra (cimentación, escollera, pantalla, presa terminada)

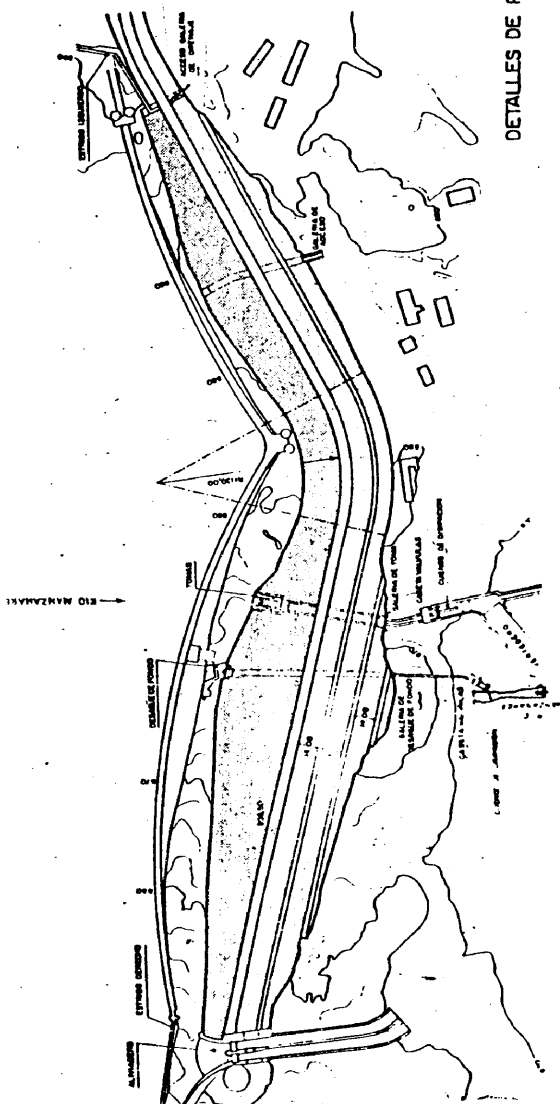
El Canal de Isabel II destinó un equipo supervisor que cuidó con meticulosidad la realización correcta de las distintas unidades de obra. Este es un aspecto inseparable de la buena calidad en los resultados.

Se consideró condición relevante la de poder localizar en su día filtraciones, si las hubiera. Por ello se admitió aquí una galería, que ayudaría a cortar filtraciones por el terreno, si aparecieran. En su ancho de implantación se saneó alguna bolsa de granito descompuesto.

La escollera apenas exigió excavar el granito de apoyo, ni la roca presentó desigualdades excesivas en superficies que hubieran de recortarse o imponer cuidados especiales en la compactación. La piedra se obtuvo de una cantera de granito sano, cuya explotación se llevó satisfactoriamente, con un porcentaje de finos reducido. Por ello la escombrera de cantera constituyó un escaso porcentaje del total y los topes fijados para los finos en la presa se pudieron mantener sin dificultades.

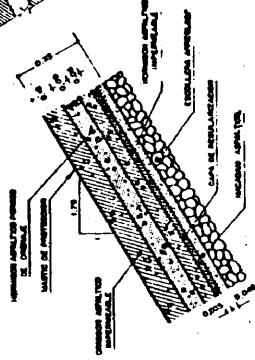
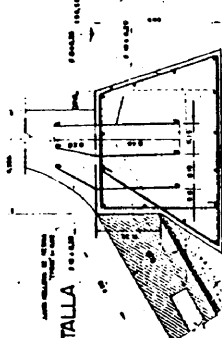
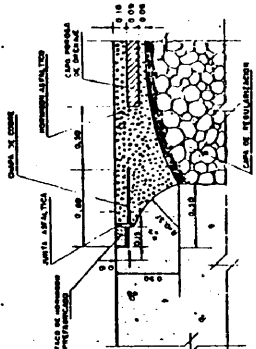
Los tamaños máximos autorizados para la escollera fueron de 1,25 m. para las tongadas, de 1,5 m. en el espaldón; de 70 cm. para la transición, de 11 m. de anchura en tongadas de 1 m., y de 3 a 25 cm. para los 3 m. de capa drenante, apoyo de la pantalla. Teniendo en cuenta que se exigía ro-





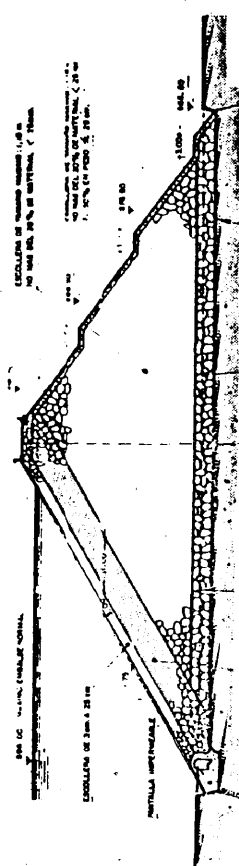
PLANTA GENERAL

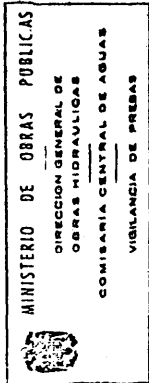
DETALLES DE PANTALLA



CUADRO DE CONDICIONES DE EJECUCION DE LA ESCOLERA

CONDICIONES DE EJECUCION	CONDICIONES DE EJECUCION	CONDICIONES DE EJECUCION	CONDICIONES DE EJECUCION
1	DE 1.00 A 1.50	DE 1.00 A 1.50	DE 1.00 A 1.50
2	DE 1.50 A 2.00	DE 1.50 A 2.00	DE 1.50 A 2.00
3	DE 2.00 A 2.50	DE 2.00 A 2.50	DE 2.00 A 2.50
4	DE 2.50 A 3.00	DE 2.50 A 3.00	DE 2.50 A 3.00
5	DE 3.00 A 3.50	DE 3.00 A 3.50	DE 3.00 A 3.50





Geología del vaso Graníticos.  
Geología de la cerrada id.  
Núm. de galerías 1 a cotas Perimetral  
Núm. de drenes util 881822 la  
Juntas --- --- ---  
Existencia de guarda-vigilante Si Montacargas NO  
Dispositivos de alarma Teléfono Radioteléfono Si  
Poblados agua abajo El Pardo (Presa)  
Posible desague rápido sin perjuicios Si  
Máximo caudal posible de desague D. Fondo + Tomas m<sup>3</sup>/s  
Máxima avenida prevista 270,7 m<sup>3</sup>/s  
Máxima avenida registrada --- m<sup>3</sup>/s Fecha ---  
Máximo nivel normal de embalse 894,7  
Máximo nivel de embalse en crecidas 894,35  
Filtraciones en Galería Aforo Si  
Existencia de péndulos NO Tipo ---  
Medidas de deformaciones En curso  
Desagües de aligeramiento D. Fondo  
Ingeniero Director D. Benito Díaz  
Ayudante de O. P. D. Blas Martínez  
Superficie de pantalla: 21.000 m<sup>2</sup>

Cuenca TAJO  
Río Manzanares Afluente del Jarama  
Término municipal Manzanares el Real  
Provincia Madrid Teléf. ---

Tipo de presa Materiales sueltos Mixta  
Clase de fábrica Escollera pantalla asfáltica  
Volumen de la presa 676.500 m<sup>3</sup>  
Altura sobre cimientos 37,50 m Cauce 36,50 m  
Coronación: Longitud 1.345,65 m Ancho 7,10 m  
Toludas: A. arriba 1,75 A. abajo 1,4  
Cemento empleado. Marca ---  
Procedencia de los áridos Cantara granito  
Empresa constructora COVILES S.A.  
Fecha del Proyecto de ejecución ---  
Ingeniero Autor D. Benito Díaz y Díaz  
Fecha de Aprobación --- Terminación 1.969  
Ingenieros que han intervenido en:  
la construcción D. Benito Díaz  
consulta INTECSA  
Cotas sobre el nivel del mar:  
Cimientos 859,7 Cauce 858,7  
Vertedero 889,7 Máximo embalse 894,7  
Coronación 896,50 Vértice técnico 863,25  
Eje del desague de fondo ---  
Eje de la toma de aguas 872,05

Capacidad de embalse 91.100 Hm<sup>3</sup> Unl Hm<sup>3</sup>  
Destino Abastecimiento agua a Madrid  
Potencia instalada --- --- --- Ha  
Superficie de la cuenca 244,40 Km<sup>2</sup>  
Aliviadero Lateral de supercavitación  
Capacidad de desague 270,7 m<sup>3</sup>/s  
Núm. de vanos 2 Longitud 11 m  
Tipo de compuertas TAINTOR  
Dimensiones de las mismas 5,50 x 5,0 m  
Desagüe de fondo: tipo Doble tubería Ø 500 mm  
Capacidad 38,12 m<sup>3</sup>/s Nº de compuertas 2 y 2  
Tipo de las mismas Tajadera y charro buco  
Dimensiones de las mismas Ø 500 mm m  
Estado de funcionamiento ---  
Toma de aguas: capacidad 33.203 m<sup>3</sup>/s  
2 tuberías Ø 1400 mm  
2 compuertas agua arriba tipo BUREAU  
2 " " abajo HOWEL-BUNGER  
Plano General --- Planta --- Secciones ---  
Alzados --- con drenes --- Fotografías --- Folio ---

Presa de SANTILLANA  
Propietario Estado  
Dirección Canal de Isabel II  
Estado de la obra Explotación

dillo vibrador de 8,5 Tm., no se admitieron mayores alturas de tongada para evitar deficiente compactación de la escollera granítica.

Se ha seguido así la técnica mundial al uso en este tipo de presas. Se operó con dos rodillos vibradores, (uno en función, otro en reserva de averías), que dieron buen resultado. El número de pasadas, que vino a ser de 4 a 5 por capa, se obtenía en función del asiento diferencial producido al pasar el compactador sobre la tongada ( no debía llegar a 2 cm.).

Los finos inferiores a 1", con límite del 20 % en el cuerpo de presa, no fueron obstáculo en general por la buena calidad media de la piedra colocada, que daba valores del 10 %. A esto se debe, en buena parte, el resultado satisfactorio observado en la auscultación de esta presa desde su puesta en servicio, a principios de 1.969, con filtraciones a través de la pantalla casi nulas, y movimientos prácticamente inapreciables.

El riego en proporción volumétrica da 50 % de la escollera colocada, que se llevó a efecto sobre el talud avanzando, permitió suprimir el hojaldre de capas de roca y de finos que suelen resultar y quedarse, como mala práctica, al paso del compactador; con ello se fueron siguiendo igualmente las recomendaciones de la técnica al día ( ver ensayos de Venemo; del laboratorio estatal polaco Q.36 R.49; Beloussov, pág 462; informe del ingeniero Escario, al congreso de Mecánica del Suelo, Méjico, 1.969; realizaciones modernas europeas de obras similares, etc.). Esta práctica, tan determinante como la del porcentaje limitado de finos, puede ser la causa del perfecto comportamiento apreciado hasta la fecha en la presa y pantalla. Como caso contrario basta recordar el aleccionador ejemplo de San Gabriel.

Durante la construcción se llevaron a cabo sistemáticas comprobaciones de densidad en las distintas tongadas de la presa, mediante peso medio de camiones y medición de volúmenes con levantamientos topográficos: Los resultados oscilaron en general, muy próximos a  $2,1 \text{ T/m}^3$  en la escollera ya compactada.

La pantalla asfáltica y su comportamiento: Se caracteriza por la doble capa impermeable, con otra intermedia drenante, con un espesor de 33 cm. Se ha seguido cierta prudencia, según puede intuirse, las normas de Strabag en otras realizaciones suyas, dado que el ahorro de agua del suministro a Madrid, como es natural, influyó en las decisiones.

Las especificaciones particulares han sido las usuales en estos trabajos, puesto que la ejecución corresponde a la propia empresa Strabag bien conocida en el campo internacional.

Los taludes fueron también prudentes (1,75:1 y 1,4:1) en el granito, que constituye el cuerpo de la presa.

La auscultación, por simplificar y por confiable en principio, se ha limitado a medida de filtraciones, a nivelación y colimación rudimentaria: estas últimas en curso de ultimación.

El testimonio de las filtraciones de valores inferiores en todo momento al L/seg. para los  $23.100 \text{ m}^2$  de pantalla (ver gráfico adjunto).

Hay que hacer constar que, por añadidura, estas pérdidas escasas proceden de las juntas del hormigón de la galería perimetral, pues lo único que pierde la pantalla, en el peor de los casos, es algún pequeño goteo, de algún

dren, de los conectados cada 18 m. a la capa drenante intermedia de la pantalla asfáltica.

Sin embargo, hay un aspecto en la pantalla que se sigue con atención, aunque el fenómeno permanece estacionario: es la aparición de la típica piel de cocodrilo y la fluencia del betún en puntos localizados, producidos al parecer por retracción el uno y por exceso de betún en alguna zona el otro. Se produce principalmente en los metros superiores de pantalla, que están frecuentemente en seco. Por ahora el mastic de cobertura lo ha autosellado.

Comentarios finales: La presa de Santillana II ha dado un resultado excelente hasta ahora.

La limitación de los finos, la altura limitada de las tongadas y el riego de la escollera han sido al parecer causas determinantes, aparte el buen hacer reconocido de Strabag en la pantalla.

Quizá la pantalla hubiera podido ser más arriesgada en pro de la economía y sin perder seguridad, de no haber jugado gran papel el destino del agua a la capital.

Reconsideración del Talud de la pantalla: cabe pensar, como posibilidad más económica, en escarpar el talud de la pantalla ( ver artículo de los ingenieros Peironceley y Alfonso Álvarez en la revista "O.P." nº de mayo del 70; citados informes de Visser y Lohr, R-38 y R-39, al Congreso de Montreal; folletos Strabag; "Firmes para carreteras" del ingeniero Balaguer, etc.), pues con los betunes se manejan pantallas, con penetración 40/60, el talud 1,5:1 parece admisible; entonces el inconveniente de moverse el personal sobre el paramento con menos facilidad en este talud puede ser obstáculo leve ante el ahorro que representaría.

La triple capa en la pantalla asfáltica.- La supresión de capa drenante, el tendido de la pantalla en una sola capa impermeable de cierto espesor son temas que contempla recientemente esta tecnología. Al proyectar y ejecutar las pantallas de este género puede interesar considerar tales tendencias y recoger información de las últimas realizaciones.

Las presas de escollera y las de fábrica. Comparación. Es interesante el aludir artículo de la R.O.P. de mayo del 70 que contempla la panorámica española en este aspecto. El caso de Santillana II permite rememorar que, frente a un recrecimiento de sólo 5 m. en una presa vieja, ha sido preferible, económico, rápido y seguro acudir a una nueva de esollera con 40 m. de altura, es todo un ejemplo.

La solución de presa gravedad no resultó competitiva frente a la de escollera; hacemos notar aquí que el volumen de excavaciones, normalmente mayor y con un condicionado más exigente en las presas de fábrica, buscando la roca o terreno resistente, no fue tampoco el caso de Santillana II, pues el granito del cimiento afloraba sano, prácticamente en toda la superficie de apoyo.

Alvarez (3) hace un minucioso estudio sobre presas de materiales sueltos en la que describe la Presa de Santillana II y sus inconvenientes.

Filtraciones menores de 1 l/seg.

- Inconveniente: construcción de galería de control.
- Para conseguir una buena compactación es preciso que existan taludes tendidos de 1,75 y a lo sumo 1,70, con espaldón de escollera de buena calidad.
- Descomposición del asfalto y agrietamiento o desaparición con posibles filtraciones.

#### 3.6.1.4. Captación de aguas profundas.

En el año 1.976 se ha incorporado al abastecimiento un sistema de captación de aguas subterráneas mediante la ejecución de pozos profundos. El número de pozos construidos ha sido de siete y la profundidad alcanzada oscila entre los 400 m. y 470 m. Están ubicados en la zona próxima al Sifón de El Pardo, y el agua captada se lleva al Depósito de El Goloso a través de la correspondiente red de tuberías. Actualmente se suministra un caudal comprendido entre los 600 y 800 litros por segundo, y está previsto alcanzar el metro cúbico por segundo.

Las obras han sido ejecutadas y son explotadas por la empresa 'Agua y Suelo, S.A.', que resultó adjudicataria del correspondiente concurso de suministro.

Debido a la pureza de las aguas el tratamiento es innecesario, pero se toman muestras diariamente por si hubiese alguna impureza, hecho improbable debido a que la profundidad de los pozos varía de 300 a 500 m., y no llega la contaminación. El agua sale a 25º C. y se está estudiando la posibilidad de utilizarla para calefacción. La capacidad de recarga de los acuíferos es excelente.

### 3.6.1.5. El Atazar.

Este embalse aguas abajo de El Villar, y por tanto el más bajo de los del río Lozoya, es pieza clave para el suministro de agua al área metropolitana de Madrid, pues con el se logra regular completamente aquel río.

Es sin duda una de las presas que más polémicas ha desatado en los últimos 50 años.

La prensa local ha sido, sin duda el detector sensible de todos los problemas creados; El primero porque según técnicos ha sido una obra muy costosa, Valenzuela (4) calcula según datos facilitados por el Canal, unos 3.500 millones de pesetas (El Vellón unos 300 millones, y el recrecimiento del Manzanares El Real (Santillana II) unos 350 millones). El segundo de los hechos negativos fue que ha significado el empobrecimiento de los pueblos serranos (5) particularmente en los de El Berrueco, El Atazar y Cervera. Aunque en la actualidad la posible recesión ha sido compensada por la aparición de la segunda residencia en torno al hiperembalse. El tercero de los problemas fue el de la famosa fisura que se detectó en febrero de 1.978 (6) El Ministerio de Obras Públicas facilitó una nota en la que se comunicaba que el día 18 de febrero de 1.978 el servicio de inspección permanente de la presa de El Atazar detectó la aparición de manchas de agua, así como fisuras locales en la galería 770, por las que se filtraba agua con incremento relativo. Se adoptaron medidas desembalsando agua, unos 25 Hm<sup>3</sup>. Se corrigieron las fugas con inyecciones de resina, por medio de buzos especializados en este tipo de operaciones.

De cualquier forma, y pese a los problemas que han surgido, que podían haber sido mayores, los logros de El Atazar han sido muchos; El primero de ellos es que ha sig-



nificado agotar definitivamente las posibilidades del río Lozoya, de los 585 Hm<sup>3</sup> que suponen la capacidad total de embalse del río Lozoya, El Atazar con sus 426 Hm<sup>3</sup> significa el 73 % de la cifra total.

La aportación media del río en los últimos 75 años ha sido de 418 Hm<sup>3</sup>/año para la cuenca en el lugar de ubicación de la presa.

El segundo logro fundamental ha sido que ha acabado con las posibles restricciones y con las angustias que la falta de agua solía provocar en los madrileños; es más, en el año 76-77 y en el 80-81 que han sido de cierta sequía, Madrid no ha padecido ni un segundo de restricción.

Las características técnicas son:

La Presa es una bóveda gruesa de doble curvatura con estribos y zócalo de gravedad, coronación aligerada.

#### Datos y características

##### Generales:

Superficie de la cuenca.....	924 Km <sup>2</sup>
Aportación media anual.....	358 "
Aportación máxima anual.....	685 "
Superficie inundada .....	1.069 Ha.
Longitud del embalse.....	17 Km.
Capacidad del embalse.....	426 Hm <sup>3</sup>

##### Presa:

Altura sobre cimientos.....	134 m.
Altura sobre el cauce .....	128 "
Cota de coronación en bóveda.....	867 "
Volumen de excavación.....	2.000.000 m. <sup>3</sup>
Volumen de hormigón.....	1.100.000 m. <sup>3</sup>
Longitud de coronación.....	484 m.
Cota de coronación.....	873,4 m.

487.

Cota de máximo embalse.....	870 m.
Cota de nivel máximo extraordinario.....	872,1"
de coronación de bóveda.....	6 m.
Espesores de base de bóveda.....	36 "
coronación de zócalo.....	45 "
anchura camino de coronación.....	7 "

Desagüe de fondo:

Tubería de 2.200 mm. ....	2 unid
Compuerta deslizante de 1,95 por 2,20 m.....	2 "
Válvulas Hover-Bunger de 2.200 mm.....	2 "
Capacidad total.....	250 m <sup>3</sup> /seg.

Aliviadero:

De superficie a la cota 870 (3 vanos de	
15 m.....	3
Capacidad total del desagüe.....	500 m <sup>3</sup> /seg.

Desagüe de medio fondo:

Tuberías de 2.500 mm. ....	2 unid.
Compuertas tipo vagón 3.257 por 3.225 mm....	2 "
Compuertas Taintor 1.873 por 2.610.....	2 "
Capacidad total.....	250 m <sup>3</sup> /seg.

La gran presa de El Atazar, pieza clave del abastecimiento de agua a Madrid, ha necesitado, para su mejor explotación, la ejecución de un conjunto de obras complementarias que mejoran y acondicionan sus diversos servicios.

Durante el año 1.975 se realizaron las siguientes obras por un importe global de 29 millones de pesetas:

Carretera de acceso a los desagües de fondo.  
Estanqueidad y drenaje de la galería 749.  
Estanqueidad y drenaje de la galería 790.  
Estanqueidad y drenaje de la galería 830.  
Estanqueidad y drenaje de la galería 867.  
Plataforma en voladizo, para acceso a la galería 790.

Defensa de la carretera de acceso a los desagües.  
 Muros de sostenimiento de la margen izquierda,  
 aguas abajo de la presa.  
 Prolongación del muro de aleta del túnel de des-  
 vío.  
 Edificio para garajes.

Según Valenzuela: " Para la construcción del embalse se ha seguido, como es usual, el sistema de contrata, adjudicada a una concentración de tres importantes empresas constructoras agrupadas bajo la sigla MEDEA (Mzov, Entre- canales, Dragados y Construcciones, Empresas Agrupadas). Los importantes medios técnicos puestos en juego han hecho de esa obras una de las más colosales en su género. Un resumen de datos técnicos lo confirmarán: Excavación, 2.006000 m<sup>3</sup>; hormigón empleado, 1,1 millones de m<sup>3</sup>; hierro 6.050 Tm. potencia instalada, 11.400 Kw/h.

La movilización de personal ha sido también notable, con un máximo de 1.400 trabajadores y una media de 950, que han aportado 22 millones de horas/hombre de trabajo. La duración de las obras (cinco años) y lo apretado y despoblado del paraje obligaron a reclutar mano de obra foránea y a dotarla de instalaciones residenciales permanentes; con lo que nació un poblado a pie de obra capaz para 100 familias y 900 hombres solteros. Al margen de ello existía aportación de obreros procedentes de los pueblos próximos (Atazar, Patones, Torrelaguna).

Con el Atazar se cierra un capítulo de la historia del abastecimiento de aguas a Madrid, iniciado hace más de cien años con la inauguración de la presa del Pontón de la Oliva (1.851)."



GRÁFICO Nº 6

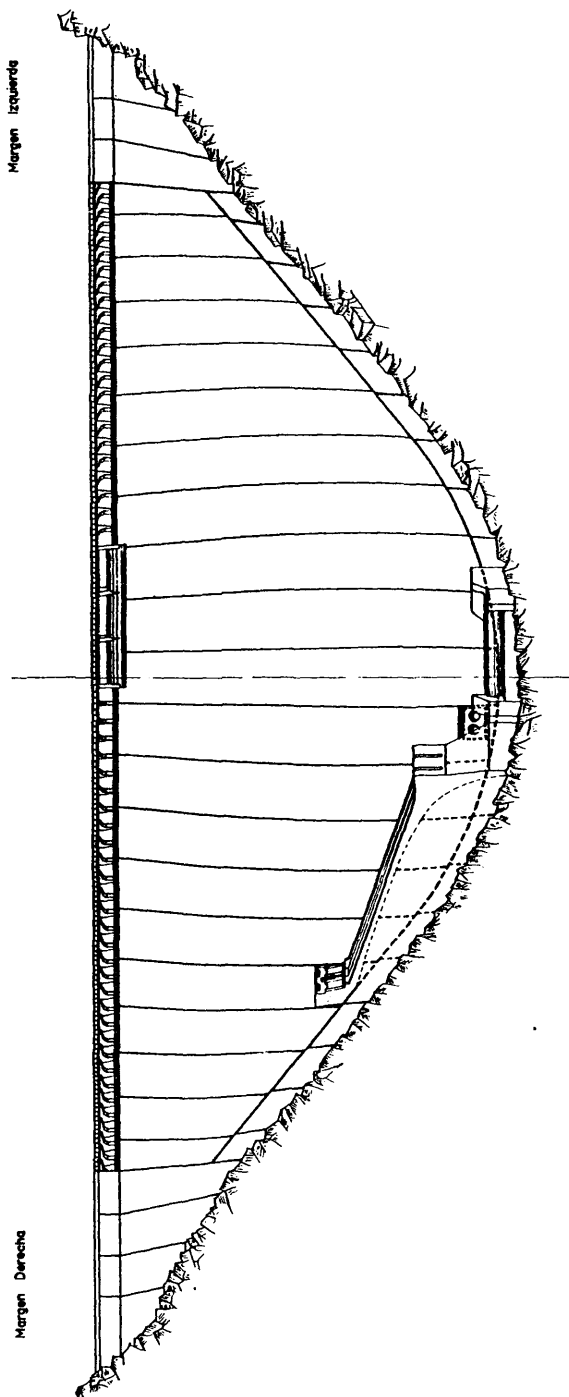


490.

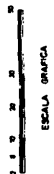


ALZADO AGUAS ABAJO

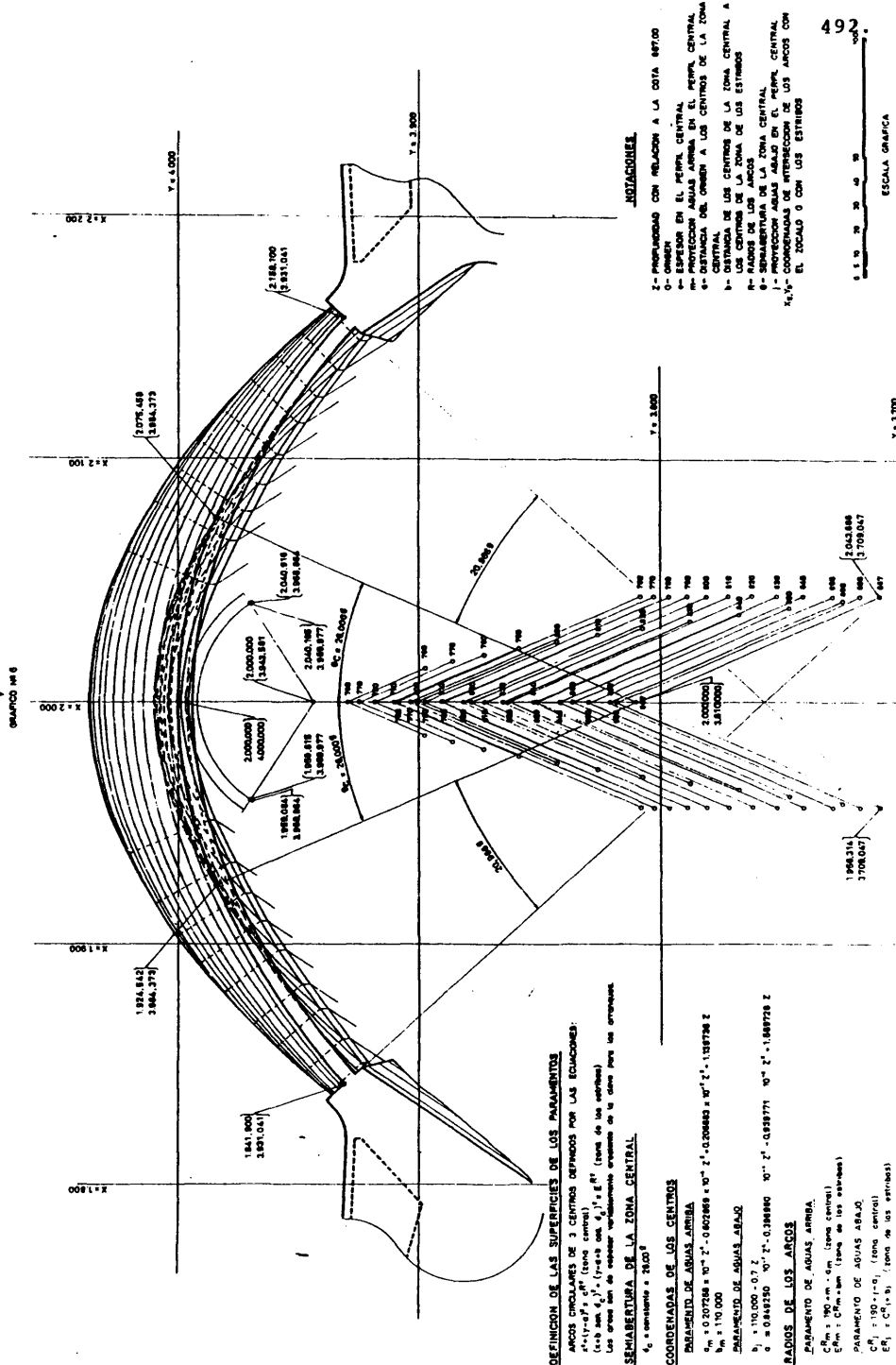
GRÁFICO Nº 5



491.



# DEFINICION EN PLANTA DE LA BOVEDA



## LA PRESA

Generalidades. La presa es del tipo bóveda gruesa de doble curvatura, con una altura sobre cimientos de 134 m. Sobre el nivel del cauce la altura es de 128 m. La bóveda está dividida en 21 bloques de longitud variable según la altura, llegando en la coronación a dimensiones del orden de 17 m. Los espesores varían también de 36 m. en la base, para llegar en la coronación a 6 m. en el bloque central, el de mayor altura.

En el dibujo y cuadro aparte se detalla la definición geométrica de la bóveda.

La bóveda se apoya contra el terreno a través de un amplio zócalo, que en el bloque central varía su espesor de 50 m. en su parte inferior y 45 m. en la superior, apoyo de la bóveda.

Termina la bóveda a la cota 867, disponiéndose encima una zona aligerada donde se sitúa el camino de coronación de 7 m. de anchura, y cota 873,40. Toda la coronación, incluido paseos tiene 10 m. de ancho.

Lateralmente apoya la bóveda en unos amplios estribos de gravedad formados por 4 bloques el derecho y tres el izquierdo. Aguas arriba de los estribos existen unas aletas, por las cuales se disponen las cortinas de impermeabilidad y drenaje, a los efectos de librar de subpresiones los estribos.

La excavación se ha realizado según una superficie continua, evitando ángulos donde puedan acumularse tensiones.



El cemento utilizado para casi todos los usos se componía de una mezcla de clinker de cemento portland y puzolana (70 y 30 %) para lograr hormigones más estables a las acciones químicas del agua y con bajo calor de hidratación. De todos modos, se utilizó un cemento especial de más bajo calor de hidratación en los meses de verano.

Todo el hormigón de la bóveda y la mayor parte de los estribos se refrigeraban mediante unos circuitos de agua fría dispuestos en las separaciones de tongadas.

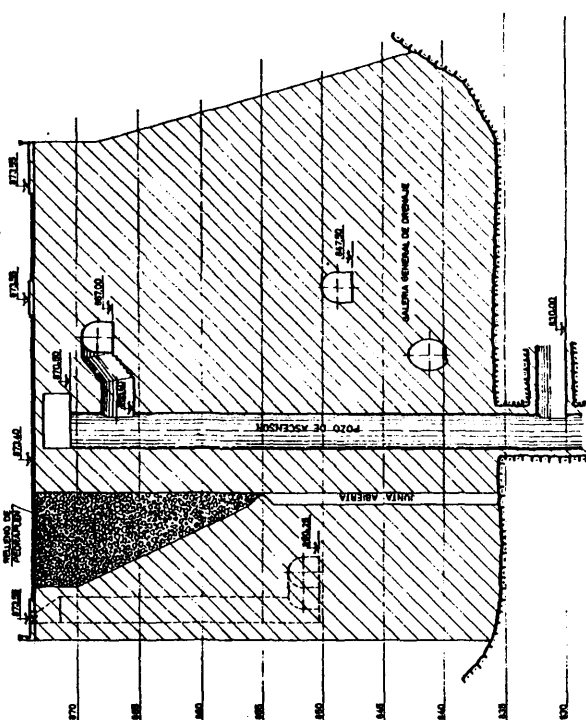
Al objeto de reducir la cantidad de cemento a emplear, se adicionaban plastificantes para aumentar la trabajabilidad de los hormigones.

#### Aliviaderos.

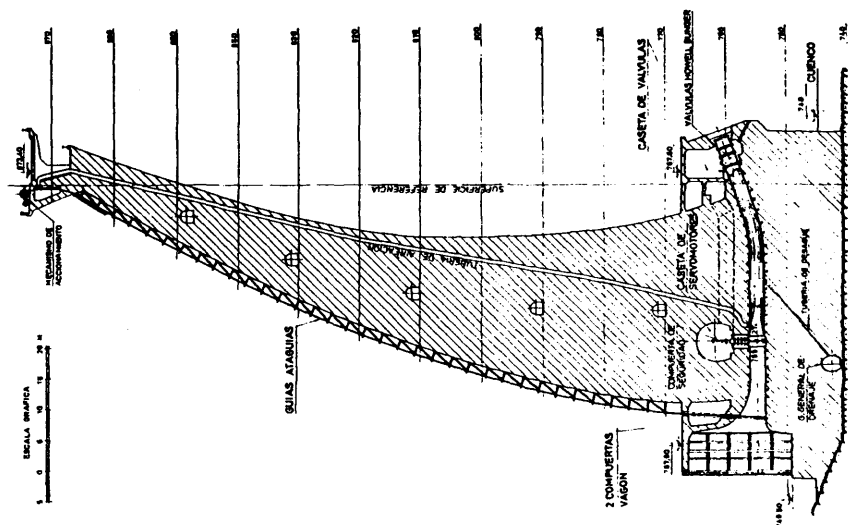
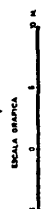
Dado al carácter de hiperembalse, se ha dispuesto un vertedero libre de superficie, capaz de desaguar  $500 \text{ m}^3/\text{seg.}$  Su vertido se efectúa en el cuenco amortiguador.

Se dispone además de un desagüe de medio fondo compuesto de dos conductos capaz cada uno de desaguar  $125 \text{ m}^3/\text{seg.}$  Estos conductos llevan un doble cierre, una compuerta de seguridad tipo "oruga", aguas arriba, que puede llevarse hasta la coronación de la presa y aguas abajo una compuerta de regulación tipo "Taintor".

Análogamente existen dos desagües de fondo, de  $125 \text{ m}^3/\text{seg.}$  de caudal máximo cada uno, también con doble cierre, válvula compuerta aguas arriba, de seguridad y tipo "Howell Bunger" de regulación aguas abajo. En la embocadura, pueden cerrarse los conductos mediante ataguías que pueden deslizarse desde la coronación.



**PERFIL ESTRIBO M.I.**



Las válvulas "Howell-Bunger" llevan un deflector en la salida, para evitar que los chorros erosionen las laderas, y el vertido se efectue en el cuenco amortiguador dispuesto junto a la presa.

#### Juntas.

En figura aparte se detalla la disposición de las juntas; señalemos aquí únicamente que constan de un cierre de lámina de cobre aguas arriba, y además tienen también juntas de plástico, delimitando los recintos de inyección, de mayores dimensiones en la parte de aguas arriba.

Los dispositivos de inyección son dobles, la primera con ranuras colectora e inyectora horizontales y de reparto de lechada verticales. La inyección secundaria es por el contrario radial, mediante tubos metálicos con válvulas de goma dispuestas adecuadamente.

El control de apertura de juntas se realiza mediante bases de alongímetros dispuestas en las intersecciones con las galerías, y extensómetros tipo "Carlson" en el interior de los bloques.

### 3.6.1.6. El Azud del Pozo de los Ramos.

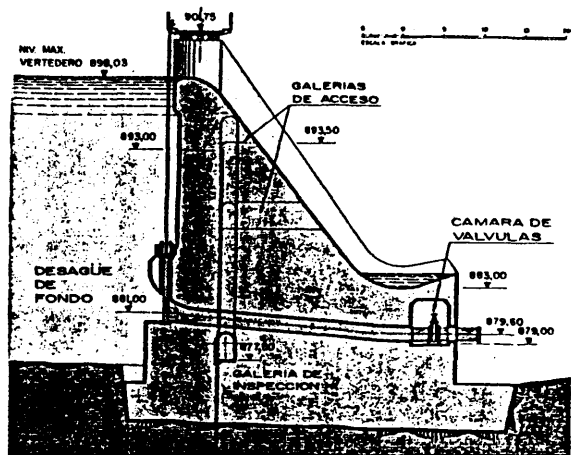
Para aprovechar los caudales fluyentes del río Sorbe se han construido una presa de derivación, en tanto se construye el embalse de El Pozo de los Ramos, actualmente en estudio, que regulará en su día la cuenca del Sorbe.

#### Datos y características

Tipo: Presa-vertedero de labio fijo, de gravedad y planta recta.

Altura.....	28 m.
Longitud de coronación.....	89 "
Capacidad máxima.....	1,2 Hm <sup>3</sup>
Capacidad útil.....	0,3 "

PERFIL DE LA PRESA



### 3.6.1.7. Valmayor.

El Valle del Aulencia se cierra con una presa de es-collera sobre el río del mismo nombre en los términos municipales de Valdemorillo y Colmenarejo, recogiendo las aguas procedentes del río Guadarrama a través del túnel de trasva-

se que desemboca en la cola del embalse, por el arroyo del tercio, cerca de la carretera de El Escorial.

La cuenca alimentadora de el embalse de Valmayor tiene una superficie de  $101,4 \text{ Km}^2$ , con aportaciones; máxima anual en veinticinco años, de  $67 \text{ Hm}^3$ , y mínima, en el mismo período, de  $6 \text{ Hm}^3$ , siendo la máxima avenida calculada en quinientos años de  $260 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

La longitud del río embalsado es de 6 km., con una superficie de  $755,02 \text{ Hm}^2$ .

La presa es de planta recta, sirviendo su coronación para el paso de la carretera que comunica los municipios de Valdemorillo y Colmenarejo. Dispone de un aliviadero lateral, vertedero tipo Creager, con canal de descarga dividido en dos secciones rectangulares: La primera, de 14 por 1,75 m. y 328 m. de longitud y la segunda de 7 por 2,40 m. y 704 m. de longitud que, mediante un tramo de transición de 278 m. totalizan 1.310 m.

Este embalse tiene por finalidad la alimentación de la zona Oeste de Madrid, a través de una conducción hasta Majadahonda, donde se junta con el Canal de Picadas y el Canal del Oeste.

El agua embalsada será depurada en la Estación de tratamiento de Valmayor y conducida hasta Majadahonda en donde se incorporará a la red arterial del abastecimiento.

Durante el año 1.975 se realizaron o terminaron las siguientes obras complementarias por un importe global de 90 millones de pesetas:

Canal de descarga del aliviadero de la presa Reposición de viales del sistema Guadarrama-Aulencia.

Cerramiento del embalse, margen izquierda. Limpieza y desbroce del embalse.

Descripción (8): Es una presa de escollera de 60 cm. de altura sobre cimientos, con pantalla asfáltica. Con ella, el canal de Isabel II atenderá las necesidades progresivas del suministro de agua a Madrid.

La obra, comenzada a mediados del año anterior (1.971), se halla en avanzado estado de construcción, (falta parte de la pantalla asfáltica y de la toma de agua, así como detalles de coronación y de auscultación (1.973)).

Su definición puede considerarse en la Ficha técnica y figuras adjuntas.

Los rasgos característicos de la presa se encuentran ya prácticamente tipificados, puesto que se repiten prácticamente las condiciones del terreno y circunstancias complementarias de otras presas.

Vamos a citarlos muy someramente a continuación; si se desean más detalles, pueden obtenerse en el complemento repaso dado al tema de los Ingenieros Emeterio Cuadrado y Carlos Lemus, en el número de abril de 1.973 de la Revista de O.P. Es interesante repetir aquí los costos totales que cita de las unidades fundamentales, que en esta obra han sido:

- m<sup>3</sup> escollera compacta: 105 pts/m<sup>3</sup>.
- m<sup>2</sup> pantalla asfáltica (tricapa, de 33 cm. espesor): 1.233 pts/m<sup>2</sup>.

Terreno de apoyo: Granito sano en general, aisladamente meteorizado en profundidad de 1 a unos 4 m. capa de arcasas de poca potencia en las proximidades del cauce.

Se recomendó dejar sin excavar el jabre y las arcosas más consolidadas en el área correspondiente al apoyo del espaldón resistente, pero prevaleció al final el criterio conservador de cimentarlos sobre roca sana.

Material para la escollera: Procede de una cantera granítica a manos de un kilómetro aguas abajo de la obra. Los estudios y ensayos recogidos en el Proyecto proponían esta cantera.

Al comenzar la explotación, resultó una cantidad de finos inaceptable, en las primeras voladuras; posteriormente ha mejorado en parte, pero obligando a un replanteo del tema, resuelto un poco forzosamente según el criterio inicial, con reajuste de costes, puesto que el proyecto de escombrar sobrepasó las previsiones.

Escollera. Compactación. Espesor de tongadas. Finos. Riego.- Se ha procedido según las normas usuales: espesor de tongadas, de 1,3 m.; porcentaje límite de finos, inferior a 1", 20%; riego, 50 % del volumen de escollera.

Los finos y el riego han sido, como resulta normal, aspecto de la unidad escollera que han obligado simultáneamente a los equipos de producción y de control proceder con la mejor voluntad para lograr la calidad deseable.

En caso de dudas de interpretación en este como en otros casos, han sido, y sigue siendo esencial, asomarse a las fuentes de orientación más independientes y competentes de cada momento: los últimos congresos de Presas, los textos acreditados, las revistas especializadas más representativas, etc.

Con estos criterios, los resultados en calidad, plazos y rendimientos de producción parecen ampliamente satisfacto-





MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

DIRECCION GENERAL DE  
OBRAS HIDRAULICAS  
VIGILANCIA DE PRESAS



Geología del vaso Granito  
Geología de la cerrada id.  
Núm. de galerías 1 a cotas perimetrales (188-54)  
Núm. de drenes utilis  
Juntas — cada — m  
Existencia de guarda-vigilante Si Montacargas —  
Dispositivos de alarma Teléfono Radiotelefono NO  
Pobledos aguas abajo NO afectan  
Posible desagüe rápido sin perjuicios si  
Máximo caudal posible de desagüe fondo + tomas m<sup>3</sup>/s  
Máxima avenida prevista Q500=260'09; Q1000=330 m<sup>3</sup>/s  
Máxima avenida registrada Q50=160 m<sup>3</sup>/h Fecha —  
Máximo nivel normal de envasa 831'0  
Máximo nivel de embalse en crecidas 831'0  
Filtraciones en — Alor —  
Existencia de péndulos NO Tipo —  
Medidas de deformaciones Asientos, - piezómetros  
Desagües de almacenamiento D. Fondo  
Ingeniero Director D. Emeterio Cuadrado Diaz  
Ayudante de O. P. —  
P. Condiciones: Tonzada máx. de 1'30 m.  
Rodillo vibratorio mayor de 10 Tn.  
Tamaño máx. inf. a 1'30 m.  
Límite de finos 20% inf. a 25 mm.  
Riego escoliera a 5 Kg/cm<sup>2</sup>  
Superficie de pantalla: 51.300 m<sup>2</sup>

Cuenca TAJO

Rio Aulencia Afluente del Guadarrama  
Término municipal Galapagar, Valdemorillo, etc.  
Provincia Madrid Telef. —

Tipo de presa materiales sueltos Recta  
Clase de fábrica Escoll. compact. y pantalla bi.  
Volumen de la presa Esoo: 1.850.000; Hgón: 45.000 m<sup>3</sup>  
Altura sobre cimientos 59'0 m. Cauce 54'0 m  
Coronación: Longitud 1.100'0 m. Ancho 9'0 m  
Taludes: A. arriba 1'75 A. abajo 1'3  
Cemento empleado, Marcs —  
Procedencia de los áridos Cantera de granito  
Empresa constructora DRAGADOS Y CHES.  
Fecha del Proyecto de ejecución ENERO - 70  
Ingeniero Autor D. Emeterio Cuadrado  
Fechas de: Aprobación — Terminación —  
Ingenieros que han intervenido en:  
la construcción D. Ignacio Morilla, - D. Juan H.  
reza (Dragados), - Don Carlos Lemus (Admón.)  
consulta INTECOA, - J.M. Peyroncelly

Cotas sobre el nivel del mar:  
Cimientos 775'0 Cauce 780'0  
Vertedero 828'0 Máximo embalse normal 831'0  
Coronación 834'0 Vértice teórico —  
Eje del desagüe de fondo 794'80  
Eje de la toma de aguas 804'80 - 814'80 - 824'80

Presas de VALMAYOR

Propietario Estado - Canal de Isabel II  
Dirección —  
Estado de la obra Explotación

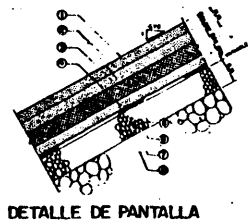
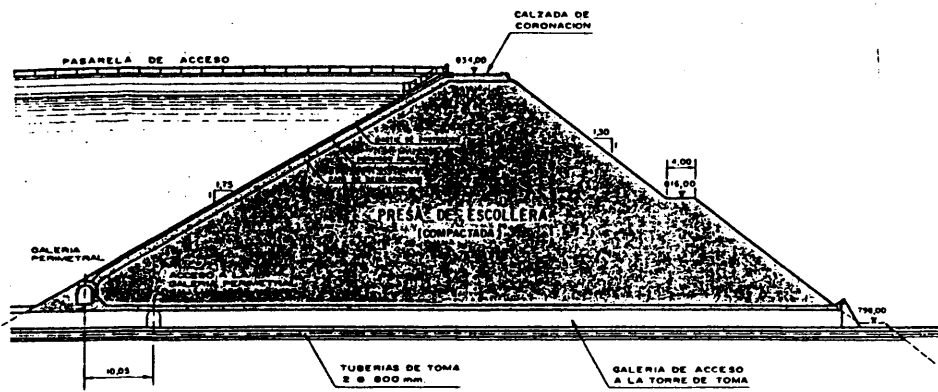
Precipit. media 723 mm. Aport. media 35 Hm<sup>3</sup>

Capacidad de embalse 124'49 Hm<sup>3</sup> UH Hm<sup>3</sup>  
Destino Abastecimiento Madrid  
Potencia instalada — Zona regable — Hc —  
Superficie de la cuenca 101'4 Km<sup>2</sup>  
Aliviadero lateral  
Capacidad de desagüe 184'50 m<sup>3</sup>/s  
Núm. de vanos 2 Longitud 12'0 m  
Tipo de compuertas TALINTOR  
Dimensiones de las mismas 6'0 x 3'0 m  
Desagüe de fondo: tipo 2 tubos a través presa Ø 1'60  
Capacidad 57'20 m<sup>3</sup>/s N.º de compuertas 4 y 2  
Tipo de las mismas valv. comp. y HOWELL-BUNGER  
Dimensiones de las mismas — m  
Estado de funcionamiento —  
Estado de aguas: capacidad (2) m<sup>3</sup>/s

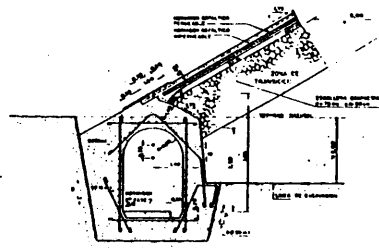
Torre de toma Rejilla, - 2 valv. comp. Ø 800 mm.  
en tomas superiores; 2 id. en las inferiores; 2 id. en las inferiores; 2 valv. de chorro hueco cilindrico Ø 800.

Plano General — Planta — Secciones —  
Alzados — con drenes — Fotografías — Folleto —  
(2) Instalación de by-pass para utilizar los D.F. como Tomas profundas.

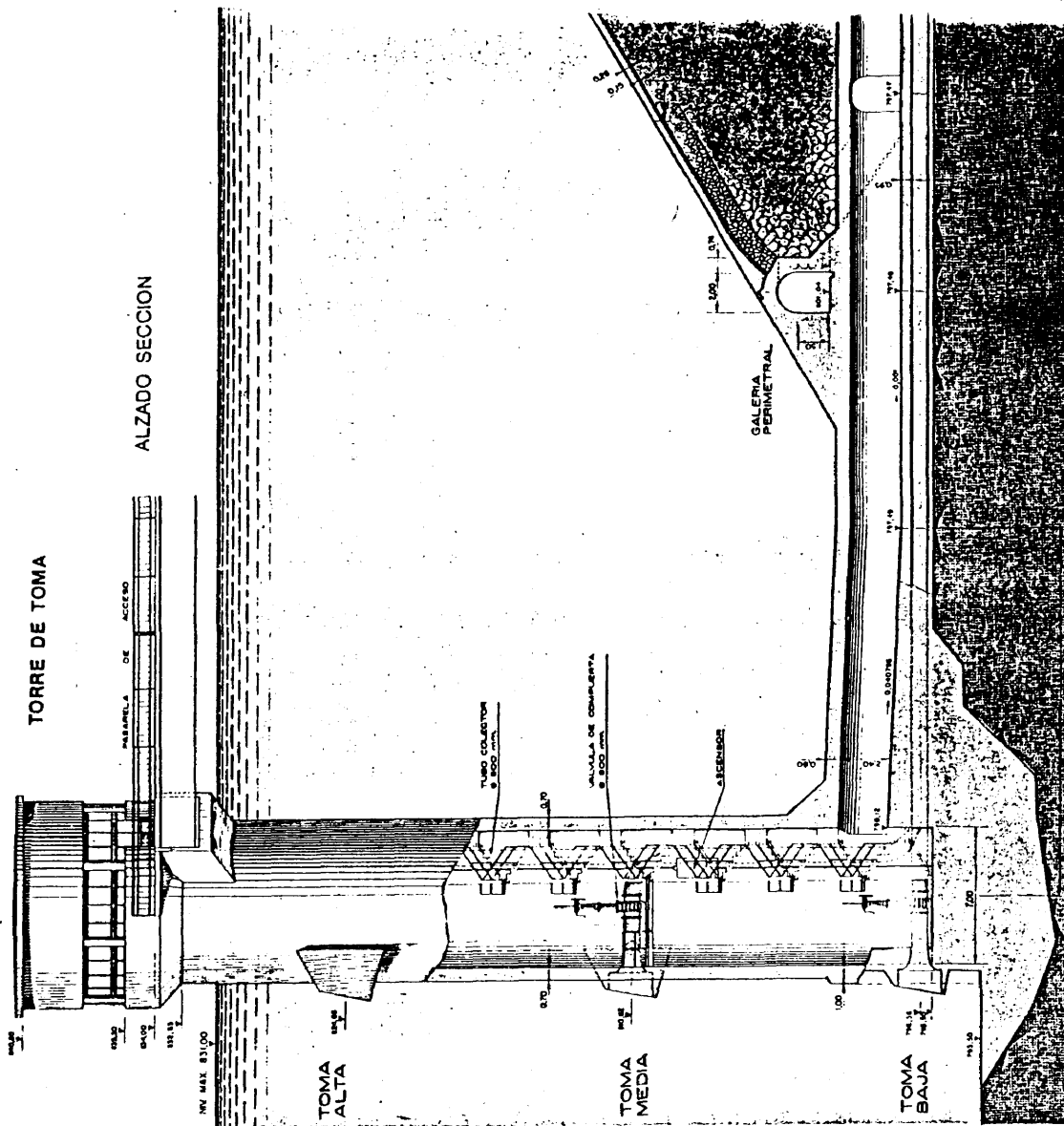
## SECCION TRANSVERSAL



- CLASIFICACION DEL MATERIAL DEL DETALLE "B"
- ① MANTO DE PROTECCION
  - ② HORMIGON REFORZADO IMPERMEABLE
  - ③ HORMIGON REFORZADO PERMEABLE (CAPA INDIAGNANTE)
  - ④ HORMIGON REFORZADO IMPERMEABLE
  - ⑤ SANO DE TRANSICION
  - ⑥ CAPA DE PROTECCION
  - ⑦ Grava 20 x 40 mm
  - ⑧ FILLADO COMPACTADO 1:1.50 en 1:1.50



SECCION TIPO DE GALERIA PERIMETRAL  
ESCALA 1:50



rios.

Concretamente en la escollera, se alcanzaron medias progresivas diarias de 10.000 y 12.000 m<sup>3</sup> compactados.

Pantalla Asfáltica: como en Santillana II, dada la mayor altura de la presa, 60 m., se ha resuelto en favor de capa triplé, drenante entre dos impermeables, aparte las linder y de regularización hacia el apoyo con el espaldón. Puede verse el detalle, en la figura correspondiente. Los taludes 1,75:1 y 1,4:1, siguen la tónica algo conservadora que se aplica aún al paramento con pantalla asfáltica.

El interés actual se centra en la ejecución de dicha pantalla, directamente por la misma constructora del resto de la obra, lo cual elude problemas de interferencias, dualidades, y debe resultar en definitiva más económico.

Duelo (9) en su estudio sobre dos presas de materiales sueltos con pantalla asfáltica, una de ellas Valmayor, afirma la bondad de este tipo de presas para cuencas de amplio vaso, da un cuadro de características técnicas de Valmayor algunas de ellas ya descritas:

Altura sobre la base.....	60 m.
Tabla-libre.....	3 "
Capacidad.....	124,5 Hm <sup>3</sup>
Anchura de Coronación.....	9 m.
Pendiente paramento aguas arriba.....	1:1,75
Pendiente paramento aguas abajo.....	1:1,30
Nivel de coronación.....	834 m.
Longitud de coronación.....	1.214 "
Superficie de paramento aguas arriba.....	51.000 m <sup>2</sup>
Volumen de relleno de roca.....	2.030.000 m <sup>3</sup>
Suelo en la base.....	granito
Cantera.....	"

Máximo flujo de desagüe.....	127 m <sup>3</sup> /seg.
Máximo flujo en el aliviadero de fondo.....	60 "
Promedio de densidad alcanzada en el relleno de roca.....	2,1 Tn/m <sup>3</sup>
Promedio de densidad estipulada en el relleno de roca.....	1,3 "
Altura de estrato.....	1,3 m.
Máximo calibre de relleno de roca en el núcleo.	1,3
Compactación del relleno de roca por ruedas vibradoras.....	10,5 Tm. estático.
Porcentaje de finos admitidos por debajo de 25 mm.....	100 Tm din. 20 %
Promedio específico del peso de las piedras del relleno de roca.....	2,65 Tm/m <sup>3</sup> .

Después de esta ficha técnica hace un análisis de la bondad de este tipo de presas afirmando:

- 1) Existencia de un único tipo de cuerpo de presa, en relación con las presas de arcilla, en las que las inclemencias del tiempo durante el apisonado hacen variar las calidades del corazón de la arcilla.
- 2) En comparación con otras posibles presas de tipo contrafuerte, este tipo de relleno tiene la ventaja de la construcción rápida, económica y por supuesto es más fácil de preparar el soporte de la presa.
- 3) La existencia de una caja de presa con galería de control facilita la detección de fugas y además sirve como contrafuerte para la sujección de las toncadas de asfalto. La galería de control en Valmayor va de orilla a orilla de la presa.

4) Las bases de soporte no sufren deformación como podría suceder en las de arcilla.

#### 3.6.1.8. El Azud de las Nieves.

Presa de las Nieves. Consiste en una presa de derivación, de hormigón en masa, situada en el río Guadarrama y en el término municipal de Galapagar, que desviará la aportación de aguas del río en este punto, mediante un túnel de trasvase, que atraviesa la divisoria de su cuenca con la del río Aulencia, en el cual se dispone del vaso y en cuya cerrada se sitúa la presa de Valmayor.

La aportación de aguas a través de su propia cuenca con superficie de  $261,5 \text{ Km}^2$ , ha oscilado entre  $213 \text{ Hm}^3/\text{año}$  máximo y  $31 \text{ Hm}^3/\text{año}$  mínima en veintitrés años.

El talud de la presa, aguas abajo, es de 0,71/1 m.

Aliviadero de cuatro vanos de 15 m., perfil Greager con cuenco amortiguador.

Desagüe de fondo con dos compuertas dobles de 1,20 por 1,80 m.

Túnel de trasvase. Transportará el agua fluyente del río Guadarrama al embalse de Valmayor (arroyo del Tercio) a través de dos tramos de sección tipo en herradura distintas, en función de sus pendientes.

El primer tramo, "Sección Régimen Rápido", de 2.976,50 m. de longitud, 4,50 por 4,80 m. de sección y 0,00105 de pendiente.

El segundo, "Sección Régimen Rápido", de 2.076 m. de longitud, 3,30 por 3,50 m., de sección y 0,0055 de pendiente.

La unión de estos dos tramos se realiza mediante un acuerdo de secciones en una longitud de 13 m. y pendiente 0,09.

Este túnel, clave del Sistema, se atacó por las dos bocas, terminándose la perforación en la boca de salida (Tramo Rápido), en junio de 1.973, y por la de entrada en 31 de diciembre del mismo año. Se perforó un total de 2.538,50 ml., quedando por tanto para calar 438 m.

#### Datos y características

Tipo de presa: Vertedero de gravedad, recta.

- Longitud de coronación..... 93,50 m.
- Longitud de río embalsado..... 1.720 "

#### Cotas:

- De cauce..... 845 "
- De umbral y aliviadero..... 852,40 "
- De máximo embalse en avenida..... 855 "
- De coronación..... 856 "
- Altura máxima (cuace coronación)..... 11 "

#### Capacidad:

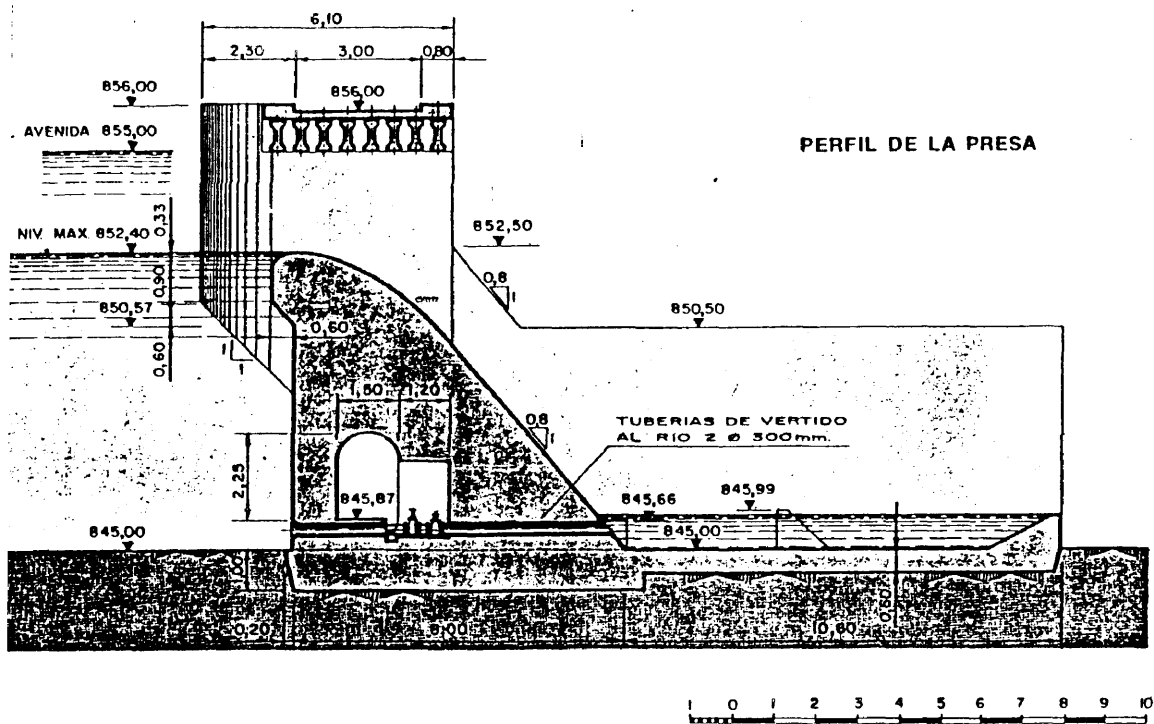
- Máxima cota 855 m..... 548,835 Dm<sup>3</sup>
- Máximo caudal aliviaderos..... 556,60 m<sup>3</sup>/seg.
- Máximo caudal desagüe de fondo  
(con cota 855 m.)..... 63,40 "

Las referidas obras quedaron terminadas durante el año 1.975, salvo inyecciones, por un coste de 350,8 millones de pesetas.

El importe fijado para inyecciones de cosido y consolidación del Túnel Trasvase asciende a 350,4 millones de pesetas.

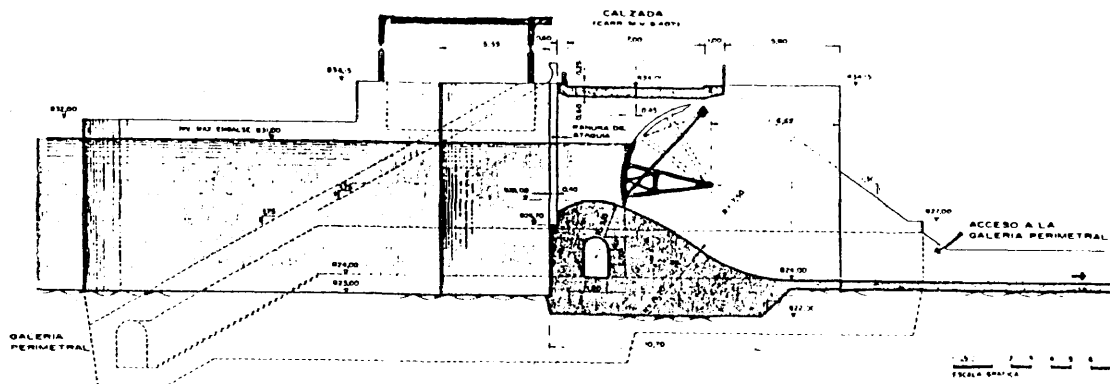
El túnel de trasvase ha quedado terminado durante el

509.



**ALIVIADERO DE SUPERFICIE**

**ALZADO-SECCION**





año 1.976, y su puesta en servicio se realizó durante el año 1.977.

Las obras en el túnel de trasvase han consistido en inyecciones de cemento y consolidación durante el año 1.976.

#### Presa de las Nieves

Situación: Río Guadarrama, cerca estación Villalba.

Superficie cuenca: 261,5 Km<sup>2</sup>.

Aportación media anual en 25 años: 31 Hm<sup>3</sup>.

Máxima avenida en 500 años: 600 m<sup>3</sup>/seg.

Cota máxima de embalse: 855 metros en avenidas.

Nivel normal: 852,40 m.

Capacidad máxima: 600.000 m<sup>3</sup> a cota 855.

Capacidad hasta labio aliviadero: 330.000 m<sup>3</sup>.

Sección de la presa: Perfil Creager de hormigón en masa.

Taludes: Aguas arriba, vertical.

Aguas abajo, 0,75 por 1.

Volumen de hormigón: 4.600 m<sup>3</sup>.

Longitud coronación: 93,50 m.

Anchura coronación: 2,50 m.

Altura: 11 m. s/cauce aguas abajo.

Aliviadero: 4 vanos de 15 m. = 60 m.

Cota del labio: 852,40.

Capacidad de desagüe: 575 m<sup>3</sup>/seg.

Capacidad desagüe de fondo: 45 m<sup>3</sup>/seg.

#### 3.6.1.9. Pozos Ranney.

El objeto de estos pozos es el aprovechamiento del caudal subálveo de la confluencia de los ríos Lozoya y Jarama, para incorporarlo al abastecimiento de Madrid, aprovechando, para ello la proximidad del Canal de la Parra.

Se han construido dos pozos, con profundidad de 10 m.

y unos 500 ml. de drenes radiales en cada uno.

Para aumentar la carga hidráulica sobre los drenes se ha construido un azud, con compuertas y aliviaderos, que eleva el nivel de las aguas en unos 6 m. sobre el lecho del río.

La tubería de impulsión que une ambos pozos es de palastro electrosoldada, de 800 mm., y la que conduce el cauce total de los dos pozos hasta el canal de la Parra de 1.250 mm. y del mismo material. Las dos van apoyadas sobre macizos de hormigón.

Emplazamiento: Confluencia de los ríos Lozoya y Jarama.

Captación: 2 pozos con drenes radiales.

Conducción a la que abastece: Canal de la Parra.

Fecha de entrada en servicio: año 1.966.

#### Datos y características:

Altura máxima: Geométrica.....	35 m.	
Manométrica.....	45 "	
De fondo de pozos a final impulsión.....	37 m.	
Pozos:	<u>Nº 1</u>	<u>Nº 2</u>
Caudal máximo de elevación.....	1.000 l/seg.	500 l/seg.
Número.....	2	2
Grupos Potencia.....	400 C.V.	260 C.V.
Tipo.....	Verticales sumergidos	
Tuberías de aspiración.....	254 mm.	114 mm.
Diámetro.....	800 "	1.250 "
Tuberías Longitud.....	364 m.	112,50 m.
de im- Material.....	Palastro electrosoldado	
pulsión Acero laminado soldado helicoidalmente.		

#### 3.6.2. Grandes conducciones, depósitos y estaciones

de tratamiento y centrales elevadoras.

Además de las grandes presas citadas en estos años las realizaciones en otros tipos de infraestructuras de abastecimiento ha sido numerosas.

3.6.2.1. Canal del Sorbe.

Este Canal tiene por objeto el aprovechamiento de las aguas de la cuenca del río Sorbe, hasta la cerrada del Pozo de los Ramos.

Las aguas, cuya concesión máxima anual es de  $100 \text{ hm}^3$ , se incorporarán al actual Canal del Jarama en su origen (Presa de El Vado), incrementando con esta aportación el abastecimiento de aguas a Madrid.

La captación actual de las aguas fluyentes, se realiza por medio de un azud tipo vertedero, si bien en el futuro la regulación del río se llevará a cabo por el embalse del Pozo de los Ramos, hoy en estudio de anteproyecto.

La conducción consta esencialmente de dos tramos por gravedad, muy diferenciados: uno en túnel y otro a cielo abierto.

En el segundo de éstos se encuentra la Obra de Derivación "Arroyo de la Virgen", que permitirá en el futuro un mayor aprovechamiento de la cuenca del Sorbe así como de las del Jarama, ya que los sobrantes alimentarán el embalse del Jarama Medio, que se encuentra en vías de proyecto adelantado.

Aquella conducción, al final de su recorrido, salva el paso del río Jarama a través de un acueducto-viaducto de hormigón pretendido de tres tramos: el central, de 32 m. de luz, y 29 m. los laterales, sobre pilas de hormigón armado, alcan-

zando más de 30 m. de altura, sobre el lecho del río.

#### Datos y características

- Longitud a cielo abierto.....	0,95	Km.
- Longitud en túnel.....	8,16	"
Longitud en acueducto-viaducto.....	0,13	"
Total...	9,24	"
- Caudal.....	8	m <sup>3</sup> /seg.
- Pendiente.....	0,0005	m.
- Cota de solera en el origen.....	895,78	"
- Cota de solera en el final.....	889,95	"

Entre otras grandes conducciones cabe destacar:

- 1º) El caudal del Vellón que entró en servicio en 1.968, su origen está en la Presa de El Vellón y el final en el Sifón de Guadalix (Canal del Atazar).
- 2º) Con la construcción del embalse de El Vellón obligó a realizar una variante en el Canal Alto entre los Kms. 13,028 y 13,640. Esta variante entró en servicio en 1.967.
- 3º) El Canal del Atazar, en su primera sección, ha sido una de las grandes realizaciones de este período, su origen está en el Canal del Atazar y su final en el Depósito intermedio de Torrelaguna. Entró en servicio en 1.970.
- 4º) Canal complementario de Santillana, entró en servicio en 1.967, su origen está en el Canal Industrial del sistema antiguo de Santillana I. y su final en el Canal Alto en "Tres Cantos". También el canal de Santillana primitivo fue ampliado en 1.965.

- 52) By-Pass, entró en servicio en 1.966, resuelve la continuidad entre el final del Canal de El Atazar y el principio de El Goloso- Pza. Castilla.
- 62) Unión entre Depósitos, proyecto antiguo (1.947) que entró en servicio en 1.966.
- 72) Arteria principal del Este, conecta el Canal del Atazar con el depósito nº 12 de Almodovas.
- 82) La unión Goloso-Pza. de Castilla entró en servicio en 1.966, su origen está en el Goloso y el final en Pza. de Castilla. Es la continuación del Canal del Atazar hasta Madrid.
- 92) El Canal del Jarama que entró en servicio en 1.960, pero en la madrileña hubo que realizar una variante que obviase las margas arcillosas con deslizamientos. Se ha realizado en estos años un Desagüe en la Almenara de enlace final del Canal del Jarama.
- 102) También se realizó una habilitación del Canal de la Parra con la correspondiente reparación de la Presa del mismo nombre.
- 112) Nudo de El Goloso y conexión del depósito de El Goloso con el Sifón de El Pardo.
- 122) Dentro del Plan A.M.S.O. hay que destacar 12 parte del Canal del Oeste: Sifón de El Pardo entró en servicio en 1967-68, la 22 parte del Canal del Oeste: Plantío-Retamares entró en servicio en 1.967.  
Conducción Picadas-Majadahonda entró en servicio en 1967.  
Conducción Valmayor-Majadahonda se puso definitivamente en servicio en 1.977.  
Túnel de trasvase del Pzo de las Nieves a Valmayor.

Igualmente conviene destacar las grandes arterias de distribución a los municipios del Area Metropolitana.

Por último citar las reparaciones efectuadas en 1.962 en el Canal Bajo en el trozo conocido como de los Yesos con instalación de un sifón.

En estos años se comenzaron a realizar las estaciones de tratamiento, que supusieron un avance importante en el estado sanitario de las aguas.

La nº 1 es la de Torrelaguna.

Conducción que la alimenta: Canal del Villar.

Canal del Jarama.

Conducción a que abastece: Canal del Atazar

Canal Bajo.

Canal Alto.

Fecha de entrada en servicio: Año 1.968.

Datos y características:

Fases de que consta..... Precloración.

Coagulación, floculación y sedimentación.

Neutralización.

Filtralización.

Esterilización.

Capacidad max. tratamiento:  $6 \text{ m}^3/\text{seg.}$

La nº 3 es la del Bodonal.

Conducción que la alimenta: Canal Bajo.

Conducción a que abastece: Canal Bajo.

Fecha de entrada en servicio: Año 1.969.

### Datos y características.

Fases que consta..... Precloración.  
 Toma y medida del agua bruta.  
 Coagulación, floculación y  
 sedimentación en una sola  
 instalación.  
 Neutralización.  
 Filtración rápida.  
 Esterilización.  
 Bombeo, aforo y restitución  
 del agua al Canal Bajo re-  
 cuperando el escalón del tra-  
 tamiento.  
 Recuperación del agua de lava-  
 do de filtros.

Capacidad max. tratamiento:  $4 \text{ m}^3/\text{seg.}$

### Majadahonda, nº 5.

Conducción que la alimenta: Picadas-Majadahonda y Sifón de  
 El Pardo.

Conducción a que abastece: Depósito de El Plantío y Reta-  
 mares.

Fecha de entrada en servicio: 17 de julio de 1.967.

### Datos y características:

Fases de que consta..... Precloración.  
 Mezcla rápida de reactivos.  
 Floculación sobre filtros.  
 Filtración rápida.  
 Neutralización.  
 Esterilización.

Capacidad max. tratamiento:  $3,8 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Colmenar, nº 2

Esta estación tratará los caudales procedentes de los ríos Lozoya, Jarama y Guadalix, regulados por los embalses de El Atazar, El Vado y El Vellón, y en un futuro próximo los del Jarama Medio, que conducidos por su respectivo canal se incorporarán al de El Atazar, en cuyo final se halla ubicada esta Estación. Una vez tratadas aquí las aguas, serán transportadas por el Sifón de Colmenar y a través del 9º Depósito (El Goloso) llegarán a la red de abastecimiento de Madrid.

La construcción de esta primera fase con capacidad de tratamiento de  $8 \text{ m}^3/\text{seg.}$  se inició en agosto de 1.973, debiendo entrar en servicio en marzo de 1.976. Está prevista (en un futuro no lejano) una ampliación con lo que se lograría una capacidad total de  $14 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Como se trata de aguas superficiales reguladas, la turbiedad será normalmente baja, salvo en ocasiones en que por la incorporación del Jarama Medio, podría presentarse una turbiedad coloidal importante en el orden de las 100 unidades turbidimétricas. Son aguas frías con tendencia agresiva, poca salinidad y dureza, con color aparente orgánico coloidal y producción de biomasa importante, principalmente algas diatomeas.

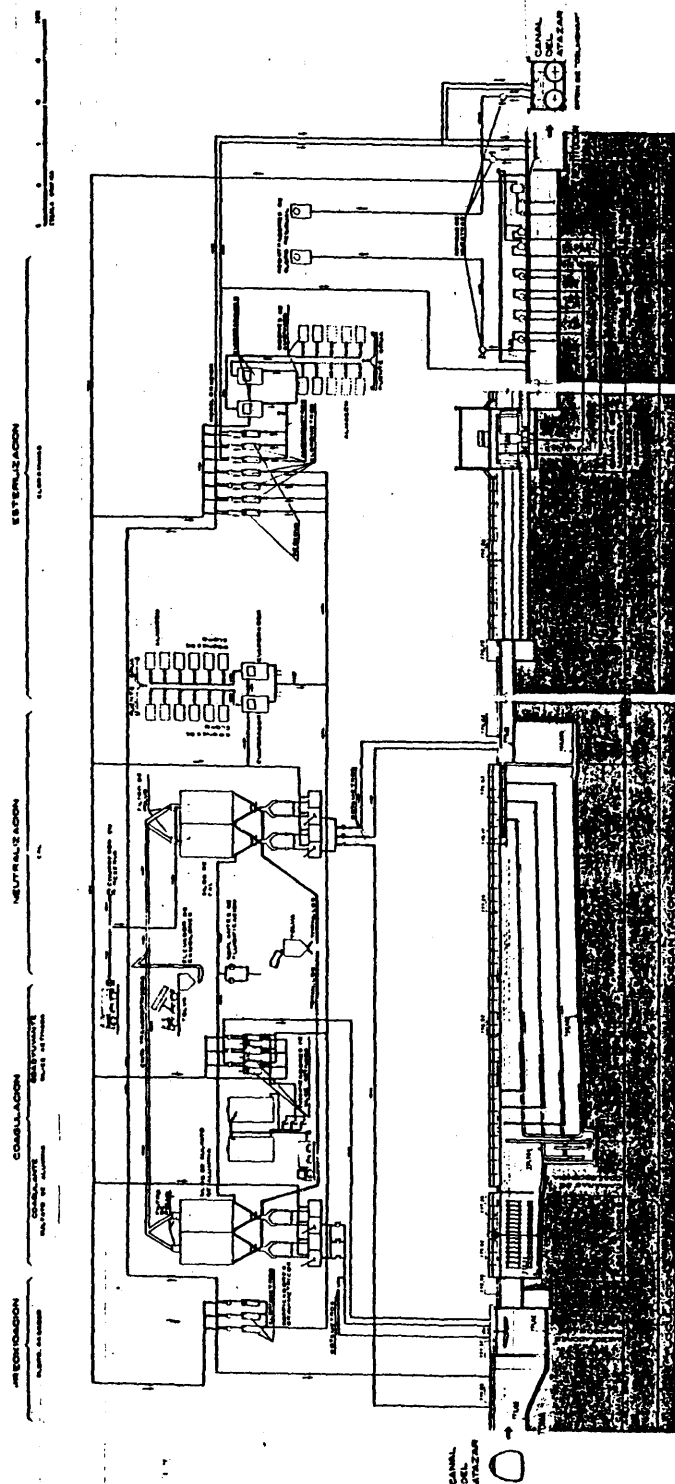
El agua bruta se toma del Canal de El Atazar, en la Cámara de Entrada del Sifón de Colmenar-El Goloso, y se restituye a las dos tuberías de 2.200 mm., mediante una torre de equilibrio, con el nivel piezométrico resultante de la Estación de Tratamiento.

El transporte y almacenamiento de los reactivos sólidos se realizará por medios neumáticos.



Esquema de funcionamiento de la Estación de Tratamiento de Colmenar nº 2.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



Fuente: Canal de Isabel II.

#### Datos y características

##### Fases de que consta:

- Pre-oxidación.
- Coagulación.
- Sedimentación.
- Filtración rápida sobre lecho de arena.
- Neutralización.
- Esterilización.

Capacidad máxima de tratamiento:  $8 \text{ m}^3/\text{seg.}$   
(12 y 22 módulos).

#### Santillana; nº 4.

La Estación de Tratamiento de Santillana, situada aguas abajo del embalse de Manzanares el Real y próximo a la conducción de Hidráulica Santillana (Canal Industrial) tiene por objeto el tratamiento de las aguas reguladas de dicho embalse, las que una vez depuradas se incorporan al referido Canal, que transporta sus aguas al abastecimiento de Madrid y que en su recorrido, mediante trasvases ya existentes, puede intercambiarlas con las del Canal de Isabel II a través del Canal Alto.

Las obras de construcción fueron iniciadas en enero de 1.971, habiendo entrado en servicio el primer módulo en mayo de 1.972, completándose en septiembre del mismo año con un segundo módulo de igual capacidad.

La toma de agua bruta se suministra directamente del Embalse, por dos tuberías de acero de 800 mm. que rompen su carga en un depósito de hormigón armado de  $450 \text{ m}^3$  de capacidad, regulándose su caudal por un obturador de disco tipo Neyrpic y válvulas de mariposa de 1.500 mm.

De este depósito de anulación de energía, arranca una

tubería de hormigón pretensado 1.400 mm., con una longitud de 500 m., que alimenta directamente la Planta.

Datos y características:

Las características del agua bruta son como sigue:

- pH: = 7,00.
- Resistividad:  $19.000 \Omega \text{ cm/cm}^2$ .

Color:

- Máx. 40 unidades Hazen.
- Mín. 10 unidades Hazen.

Turbiedad:

- Max. 30 U.T.J.
- Mín. 5 U.T.J.
- Dureza: 30 mg/l. en  $\text{CO}_3\text{Ca}$

D.Q.O.:

- Máx. 6 p.p.m./ $\text{O}_2$
- Mín. 3 p.p.m./ $\text{O}_2$
- Bacterias coliformes: N.M.P.  $\geq 10$
- Biomasa: En el umbral de la eutrofización.

Reactivos a emplear:

- Cloro gaseoso.
- Sulfato de alúmina.
- Cal.
- Polielectrolito.
- Cloro y amoníaco formando cloraminas.

Fases de que consta:

- Precloración.
- Coagulación.
- Sedimentación.
- Filtración rápida sobre lecho de arena.
- Neutralización.
- Esterilización.

Capacidad máxima de tratamiento:  $4 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Estación de tratamiento nº 6; Valmayor

Las aguas superficiales de los ríos Guadarrama y Aulencia, reguladas por el embalse de Valmayor, una vez pasadas por la Estación de Tratamiento del mismo nombre se incorporarán a la conducción de Valmayor-Majadahonda a través del depósito contiguo a dicha Estación.

Su construcción fue iniciada a mediados de 1.973, debiendo terminarse en marzo de 1.976. Se trata de aguas de bajo contenido salino y poca dureza, con débil turbiedad, pero con color orgánico importante, como corresponde a unas aguas de características biológicas probables de mesoeutróficas, oligo-saprobias, por el enriquecimiento de sustancias nutritivas de los vertidos de las poblaciones ribereñas, con la posibilidad de contenido importante de materia orgánica y presentación de olores y sabores.

El agua bruta regulada se toma de la obra de interconexión del Canal de Valmayor con la Estación de tratamiento y el Depósito regulador y se restituye, después del tratamiento, al dispositivo de interconexión, con nivel de agua inferior al de la Estación de Tratamiento. El transporte y almacenamiento de los reactivos sólidos se realizará por medios neumáticos.

**Datos y características****Fases de que consta:**

- Pre-oxidación.
- Coagulación.
- Absorción de compuestos orgánicos.
- Sedimentación.
- Filtración rápida sobre lechos mixtos de antracita y arena.
- Neutralización.

- Esterilización

Capacidad máxima de tratamiento:  $6 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Hay que destacar también la construcción de nuevas estaciones elevadoras como:

~~La segunda~~ Central Elevadora Plaza Castilla:

- Puede tomar el agua directamente del Canal Alto o a través del 4º Depósito.
- Fecha de entrada en servicio: año 1.962, sustituyendo a la anterior, provisional, montada en 1.952.

El Tercer depósito elevado de San Blas:

- Conducción que le alimenta: Impulsión de la 3ª Central Elevadora.
- Conducción a la que abastece: García Noblejas-Vicálvaro-Moratalaz-Palomeras.
- Fecha de entrada en servicio: 10 de junio de 1.968.

Así como la 3ª Central elevadora de San Blas:

- Conducción que la alimenta: 7º depósito S. Blas.
- Conducción a la que abastece: García Noblejas-Vicálvaro-Moratalaz-Palomeras.
- Fecha de entrada en servicio: 10 de junio de 1.968.

También la 4ª Central elevadora de Extremadura:

- Conducción que la alimenta: Cintura Sur.
- Conducción a la que abastece: Tubería de 600 y 300 de Carretera Extremadura-Carabanchel Alto-Poblado C- Cuatro-vientos.
- Fecha de entrada en servicio: julio 1.969.

Las estaciones elevadoras del Plan A.M.S.O.:

Central Elevadora de Picadas:

Toma: Embalse de Picadas (Río Alberche).

Fecha de entrada en servicio: 17 de julio de 1.967.

Central Elevadora de Colmenar del Arroyo:

Toma: Tramo final de la conducción Picadas- Colmenar del Arroyo 1ª elevación.

Fecha de entrada en servicio: 17 de julio de 1.967.

Por último la 5ª Central Elevadora El Plantío:

Siendo autónomo y escaso el suministro de agua de los municipios de Majadahonda y Las Rozas, afectado por el aumento de sus habitaciones en estos últimos años, solicitaron el abastecimiento por el Canal de Isabel II, que lo aprobó y procedió a instalar esta Central Elevadora para llegar a la cota máxima necesaria, que es superior en unos 40 m. a la del 10º Depósito El Plantío, entrando en servicio en 1º de febrero de 1.973.

Esta Central toma el agua de la Artería de El Plantío con una presión de  $2 \text{ Kg/cm}^2$  y la eleva hasta una de  $7 \text{ Kg/cm}^2$ ; parte al Depósito de Majadahonda, que está 28 m. sobre el nivel del 10º Depósito, y parte a la Red de donde se abastecen aquellos municipios.

Para las horas de menor consumo, y para abastecer al Depósito de Majadahonda se hicieron dos tomas, una de cada rama del Sifón del Pardo, con válvulas de retención injertadas en el Colector de salida, para que no funcione la elevadora, cuando la presión necesaria en la red sea menor de  $5 \text{ Kg/cm}^2$ , abasteciéndose desde el Sifón de El Pardo por cualquiera de las dos ramas.

Para las necesidades de abastecimiento de estos municipios, es suficiente, en general, un caudal de 50 l/seg.,

con la utilización de un solo grupo, y en horas puntas de consumos muy grandes se llega a los 150 l/seg., pero sólo esporádicamente y durante un máximo de una hora; por lo tanto, con la capacidad de 187 l/seg. que posee esta Central Elevadora, es suficiente para las necesidades actuales de caudal.

Es importante reseñar la construcción de los depósitos siguientes:

	<u>Capacidad m<sup>3</sup></u>	<u>Año de entrada en servicio</u>
5º de Hortaleza	81.000 m <sup>3</sup>	1.962
7º de San Blas	50.000 "	1.965
8º Extremadura	19.000 "	1.965
6º Vallecas	120.000 "	1.967
9º El Goloso	534.000 "	1.969
10º El Plantío	143.176 "	1.967
11º Retamares	250.556 "	1.969
12º Almodova	151.958 "	1.975
13º Getafe	255.800 "	1.973
Valmayor	95.000 "	1.977.

En resumen, es necesario dejar constancia del esfuerzo impropio que han supuesto estos 30 últimos años, en que las instalaciones se han quintuplicado.

El proceso histórico del Canal de Isabel II ha estado ligado a las vicisitudes de nuestro país, por tanto es explicable que en épocas críticas la creación de infraestructuras se haya visto paralizada o con un crecimiento lento, mientras que en épocas de auge como la que acabo de describir se hayan multiplicado las mismas de forma que según el Canal tenemos asegurado el abastecimiento durante los años consecutivos de climatología desfavorable.

Notas 3.6.

- (1) Para este punto he utilizado básicamente las Memorias del Canal de Isabel II.

Canal de Isabel II : Memoria 1.951-69. M.O.P. Madrid  
1.971. 391 págs.

Canal de Isabel II: Memoria 1.970-74. M.O.P. Madrid.  
1.978. 371 págs.

Canal de Isabel II: Memoria 1.975. M.O.P. Madrid, 1.975  
113 págs.

Canal de Isabel II: Memoria 1.976. M.O.P. Madrid, 1.976  
79 págs.

Canal de Isabel II: Memoria 1.977. M.O.P.U. Madrid,  
1.978. 91 págs.

Canal de Isabel II: Memoria 1.978. M.O.P.U. Madrid,  
1.979. 79 págs.

Canal de Isabel II: Memoria 1.979. M.O.P.U. Madrid,  
1.980. 83 págs.

- (2) Dirección General de Obras Hidráulicas. "Comentario sobre las presas de materiales sueltos con pantalla en España". 11º Congreso Internacional de Grandes Presas. M.O.P. Madrid, 1973.
- (3) ALVAREZ, D: "Presas de Materiales sueltos". E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. 1.973.
- (4) VALENZUELA, M: " El Atazar". Estudios Geográficos 129. En Noricias y Comentarios. Madrid, 1.973. págs. 763 yss.
- (5) Diario Informaciones. Madrid. 27-VII-1976.
- (6) Diario Ya. Madrid. 25-III-1978 pág. 19.
- (7) Confederación hidrográfica del Tajo y Canal de Isabel II



"La Presa de El Atazar". M.O.P. Madrid. 1.972. 45 págs.

- (8) Dirección General de Obras Hidráulicas: "Comentario sobre las presas con materiales sueltos en España". 11º Congreso Internacional de Grandes Presas. Madrid, 1.973.
- (9) DUELO, C: " Rockfill dams with upstream impervious face". Revista de Obras Públicas nº 3.098, año CXX. Madrid, junio 1.973. pág. 87-92.
- (10) ALVAREZ, D: "Presas de materiales sueltos". E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1.973.





X-53-073926-6

Jesús Muñoz Muñoz

TP  
1983  
161-II

EL ABASTECIMIENTO DE AGUAS A MADRID: ESTUDIO GEOGRAFICO

TOMO II

Departamento de Geografía General  
Facultad de Geografía e Historia  
Universidad Complutense de Madrid  
1983



BIBLIOTECA

Colección Tesis Doctorales. Nº

161/83

© Jesús Muñoz Muñoz

Edita e imprime la Editorial de la Universidad  
Complutense de Madrid. Servicio de Reprografía

Noviciado, 3 Madrid-8

Madrid, 1983

Xerox 9200 XB 480

Depósito Legal: M-21427-1983

TOMO II

EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN MADRID: ESTUDIO GEOGRAFICO.

JESUS MUÑOZ MUÑOZ.



## INDICE TOMO II

	<u>Página</u>
CAPITULO IV.....	527
4. Aproximaciones realizadas para averiguar el consumo de agua por zonas en Madrid.....	528
4.1 Madrid y el abastecimiento de agua .....	546
4.1.1 Madrid .....	547
4.1.1.a El consumo actual .....	550
4.1.1.b La dotación actual .....	553
4.1.1.c El estancamiento de la dotación en los últimos años .....	558
4.1.2 Area Metropolitana y áreas abastecida por el Canal .....	560
Notas 4.1.2 .....	598
4.1.3 Expansión del Canal y abastecimiento a la provincia de Madrid.....	599
4.1.3.a Análisis comparativo del consumo de agua en las comarcas de Madrid, Segovia, Avila, Gua- dalajara y Toledo .....	602
4.1.3.b Expansión del Canal y abastecimiento a la provincia de Madrid.....	617
4.1.3.c El consumo en el área abastecida por el Canal en 1.979 .....	626
Notas 4.1.3 .....	630

	<u>Página</u>
4.1.4.a La Sociedad Hidráulica Santillana y otros sistemas de abastecimiento en la pro- vincia de Madrid.....	632
4.1.4.b Abastecimiento de agua a los pueblos de la Sierra.....	634
4.1.4.c Otros sistemas de abastecimiento.....	639
Notas 4.1.4 a, b, c .....	646
4.2.1.a Distribución temporal del consumo, con- sumo por estaciones y meses.....	647
Notas 4.2.1.a .....	664
4.2.1.b El consumo por horas del día.....	665
Notas 4.2.1.b .....	676
4.2.1.c Máximos y mínimos del consumo .....	677
4.2.1.d Restricciones .....	684
4.2.2 El consumo y la dotación total en los barrios de Madrid.....	689
4.2.3 Evolución de los hábitos de consumo y de la dotación .....	700
Notas 4.2.3 .....	722
4.2.4 Consumo domiciliario y público por ba- rrios en Madrid .....	724
4.2.5 El consumo hipotético de agua industrial en Madrid .....	741
Notas 4.2.5 .....	760
4.2.6 El consumo de agua industrial por ba- rrios en Madrid .....	762

	<u>Página</u>
Notas 4.2.6 .....	787
4.2.7 Consumo industrial y comercial por barrios y sectores de actividad según el programa Tradi Codi.....	788
4.3 Estudio Sanitario de las aguas que abastecen Madrid: Contaminación, previsión y Control.....	814
Notas 4.3.....	828
4.3.1 Análisis del agua .....	831
4.3.1.a La cristalinidad de las aguas.....	838
4.3.1.b Depuración de aguas por el Canal.....	839
4.3.1.c Las condiciones que debe cumplir el agua .....	842
4.3.1.d¿El agua abastecida por el Canal cumple las condiciones de potabilidad?.....	861
Notas 4.3.1 a, b, c .....	869
4.3.2 Agua. Morbilidad y Mortalidad en Madrid..	872
Notas 4.3.2 .....	886
Apéndice 4.3.2 .....	887
4.3.3 Vertidos y recuperación. Saneamiento y eutrofización de las cuencas de los ríos que abastecen Madrid.....	888
Notas 4.3.3 .....	901
Apéndice 4.3 .....	902
CAPITULO V .....	910
5. Previsiones y Conclusiones.....	910



	<u>Página</u>
5.1 Previsiones Pasadas: El Tajo, Entrepeñas y Buendía .....	911
5.2 El Alberche y El Tietar .....	913
5.3 Duero - Tormes .....	917
5.4 Duero - Adaja - Voltoya .....	918
5.5 Jarama Medio .....	919
5.5.1 Problemas que plantea la nueva división territorial de España .....	921
5.6 Acuíferos cretácicos del Norte de Madrid...	922
5.7 Acuíferos en las arenas de Madrid.....	927
Notas 5.1 a 5.7 .....	929
5.8 El Canal en el año 2.000 .....	930
5.8.1 Previsiones de Población .....	936
5.8.2 El consumo global .....	940
5.8.3 La dotación en el futuro .....	943
Notas 5.8 .....	950
5.9 Conclusiones .....	951
Bibliografía .....	963

527.

#### Capítulo 4

#### EL ABASTECIMIENTO ACTUAL.

4.- Aproximaciones realizadas para averiguar el consumo de agua por zonas en Madrid.

a) Selección de calles.

Para llegar a determinar el consumo por zonas de Madrid en la actualidad, he tenido que realizar una serie de aproximaciones que han ido ganando en complejidad y precisión a medida que las elaboraba.

La primera aproximación fue la selección de un grupo de calles escogidas al azar y en número no fijo a las que clasifiqué con un criterio eminentemente cualitativo y que fueron programadas en el Centro de Cálculo del Canal de Isabel II en máquinas computadoras Siemens, serie 7.000, con los siguientes resultados:

CUADRO 1. PRIMERA APROXIMACION EN EL CALCULO DE CONSUMO DE AGUA DE MADRID. AÑO 1.977.

Zona delimitada previamente	Nº de calles	%	M <sup>3</sup> consumidos
Zona comercial y de servicios....	22	10	2.319.523
Zona residencial clase alta.....	15	40	9.091.668
Zona residencial clase media.....	17	27	6.165.484
Zona residencial clase baja.....	13	4	875.290
Zona industrial .....	8	19	4.342.035
TOTAL .....	75	100	22.794.000

Fuente: Canal de Isabel II. PROGRAMA Código calles 1.977.

PRIMERA APROXIMACION EN EL CALCULO DE CONSUMO DE AGUA EN MADRID

Calles seleccionadas previamente.

Zona comercial y de servicios:

Preciados  
Carmen  
Plaza Isabel II  
Av. Jose Antonio  
Po. Calvo Sotelo  
Po. Castellana  
Po. Prado  
Alcalá  
Conde de Peñalver  
Goya  
Gta. Cuatro Caminos  
Alberto Aguilera  
Princesa  
Carranza  
Sagasta  
Génova  
Fuencarral  
Puerta del Sol  
Carr. San Jerónimo  
Gta Embajadores  
Arapiles  
Gta. Quevedo

Zona residencial clase alta:

Avda. Generalísimo  
Serrano  
Arturo Soria  
Mesena  
Doctor Fleming  
Capitán Haya  
Cinca  
Po. Pintor Rosales  
Marqués de Urquijo  
Antonio Maura  
Gral. Martínez Campos  
Guisando  
Hoyos del Espino  
General Mola  
Av. Islas Filipinas

Zona residencial clase media:

Gaztambide  
O'Donell  
Sancho Dávila  
Po. Delicias  
Clara del Rey  
RíosRosas  
Agustín de Foxá  
Zurbarán  
Cartagena  
Dr. Gómez Ulla  
Fermín Caballero  
Avd. Menéndez y Pelayo  
Bravo Murillo  
Avd. Donostiarra  
Escalona  
Colombia  
Marroquina

Zona residencial de clase baja

Mésón de Paredes  
Ferroviarios  
José Luis Arrese  
Arcos de Jalón  
Monforte de Lemos  
Algodonales  
Echegaray  
Gutiérrez de Cetina  
Valentín Llaguno  
Tarragona  
Vinaroz  
Jaén  
Carlos Arniches

Zona industrial

Antracita  
Bronce  
Po. Imprerial  
Julián Camarillo  
Mateo Gómez  
Josefa Valcarcel  
Virgen de la Encina  
Vara del Rey

En esta primera aproximación cualquier juicio de valor se ría aventurado, no sólo porque el número de calles no es homogéneo, sino también porque las calles tienen longitudes dis tintas y el número de sus habitantes es también variable. Bas ta mirar ligeramente el apéndice correspondiente para darse cuenta de este hecho. Sin embargo, y a pesar de la falta de validez del modelo se puede apreciar un consumo mayor en las calles de clase social elevada y en las zonas industriales, frente a un consumo muy bajo de las zonas de clase baja y un consumo moderado en las zonas de clase media. El programa se hizo cruzando la selección de calles en la vertical con el código Tarifa del Canal en horizontal, agrupando todas en un sólo epígrafe para que nos diese el consumo total.

La intención primitiva que tenía al realizar este primer ensayo era demostrar que existía una división espacial de las clases sociales por el consumo de agua, ante la falta de elementos de juicio desestimé este modelo para pasar a otros con mayor complejidad y precisión.

#### b) Código Postal

En una segunda aproximación, basada en el consumo de agua por distritos postales de la ciudad de Madrid, con datos codificados en los servicios de mecanización del Canal de Isabel II con el nombre de Código Postal, en el que están individualizados y totalizados los consumos de los pueblos de la provincia abastecidos en un sólo epígrafe y donde figuran los consumos de los distritos postales en columna, mientras que los datos aportados por el código tarifa, vigente en 1.977, están colocados en fila, agrupados en tres bloques: consumo, domiciliario, consumo público y consumo industrial, conseguí los datos siguientes que plasmé en los cuadros 2 y 3, el pri mero resumen del consumo y el segundo expresión de éste por distritos postales:

CUADRO 2.- SEGUNDA APROXIMACION. EL CODIGO POSTAL

m <sup>3</sup> /año.				
TARIFAS	Consumo domiciliario	Consumo público	Consumo industrial	Total
CODIGO POSTAL				
Pueblos	24.791.528	16.300.296	10.261.102	51.352.926
Distritos postales de Madrid	171.405.176 87,36%	28.094.086 63,28%	77.246.800 88,27%	276.746.062 84,35%
Total facturado	196.196.704 100	44.394.382 100	87.507.902 100	328.098.988 100
Total abasteci- do por el Canal incluso el no facturado (Rie- gos, fuentes, pér- didas .Usos so- ciales).	60%	13,5%	26,5%	438.265.000

Fuente: Canal de Isabel II y elaboración propia.

CUADRO 3 SEGUNDA APROXIMACION. EL CODIGO POSTAL

532.

ARIFAS POSTAL	Consumo Domiciliario	Consumo Público	Consumo Industrial	Total
	11-21 24-25-26	22-23 27-28	31-32-33-34 35-36	m <sup>3</sup> /año.
to 1.....	3.310.701	.....290.017	.....2.288.204	.... 5.888.922
2.....	9.008.794	.....216.048	.....2.368.160	....11.593.002
3.....	7.470.589	...5.114.418	.....2.750.418	....15.335.653
4.....	2.387.975	.....255.340	.....1.084.114	.... 3.727.429
5.....	5.570.264	...2.932.995	.....6.963.615	....15.466.874
6.....	5.111.354	.....801.278	.....2.160.605	.... 8.073.237
7.....	5.975.075	...2.072.624	.....4.803.832	....12.851.521
8.....	4.356.094	.....987.780	.....2.271.449	.... 7.615.323
9.....	4.635.461	.....336.667	..... 770.344	.... 5.742.472
10.....	3.089.676	.....191.344	..... 985.737	.... 4.266.757
11.....	9.534.439	.....980.904	.....1.463.380	....11.978.723
12.....	2.734.457	.....209.004	..... 1.011.784	.... 3.955.245
13.....	1.763.204	.....276.143	..... 1.463.380	.... 3.502.727
14.....	1.414.082	...1.159.067	..... 1.919.112	.... 4.492.261
15.....	4.029.629	.....216.528	.....1.158.535	.... 5.404.692
16.....	12.812.798	...1.617.552	.....5.316.234	....19.746.584
17.....	14.082.121	...1.244.398	.....5.871.831	....21.198.350
18.....	12.790.954	.....761.336	.....2.980.356	....16.532.646
19.....	14.235.965	.....932.310	.....7.993.583	....23.161.858
20.....	15.218.279	...1.391.788	.....6.874.647	....23.484.713
21.....	5.442.796	...2.173.890	.....3.193.831	....10.810.517
22.....	3.586.364	...2.171.267	.....5.555.050	....11.312.681
23.....	3.088.777	.....388.396	.....1.132.011	.... 4.609.765
24.....	3.133.038	.....203.098	..... 354.629	.... 3.690.765
25.....	2.015.279	.....43.983	..... 327.264	.... 2.386.526
26.....	1.596.253	.....45.037	.....594.854	.... 2.236.144
27.....	931.354	.....51.410	..... 617.057	.... 1.099.821
28.....	518.804	..... 2.436	.....150.976	..... 672.716
29.....	1.778.250	..... 6.224	.....362.142	.... 2.146.616
30.....	1.331.635	.....279.139	.....317.819	.... 1.928.593
31.....	1.707.334	.....205.110	.....320.185	.... 2.232.629
32.....	357.458	.....12.815	.....202.296	..... 572.569
33.....	3.204.439	...7...15.619	.....502.273	.... 3.722.431
34.....	1.394.914	.....464.328	.....655.291	.... 2.514.533
35.....	1.785.690	.....43.793	.....451.990	.... 2.281.483
error)	880	.....	.....9.812	.....10.692

Fuente: Canal de Isabel II. Programa Código Postal.

Esta segunda aproximación fracasó entre otras causas, por los siguientes hechos:

El primero, la imposibilidad de saber el censo de población exacto que corresponde a cada distrito postal, ya que como es sabido los distritos postales tienen un área delimitada de distinta forma que la de los distritos administrativos del Ayto. de Madrid. Este hecho, determina la imposibilidad de conocer la dotación per cápita por zonas, y por tanto la imposibilidad de poder relacionar los barrios madrileños y sacar conclusiones de tipo espacial.

Esta dificultad podría haber sido obviada descomponiendo los distritos municipales en secciones, de las que sí sabemos su censo, pero la adecuación de estas secciones a los distritos postales resultaba no sólo dificultosa por su delimitación sino también excesiva por lo exagerado de su número.

El segundo factor que nos movió a desestimar esta aproximación fue la heterogeneidad espacial de los distritos postales. Hay distritos que tienen una superficie y una población posible muy escasa, aunque tengan un gran número de edificios públicos, frente a otros que tienen una superficie amplísima y una población considerable. Aún cuando contase con el dato de la población, la posibilidad de establecer comparaciones se anulaba radicalmente ante la disimilitud del espacio y la población.

El tercer y último factor impedía un conocimiento exacto de la realidad del término municipal de Madrid, ya que los distritos postales, o bien dejan fuera de él barrios madrileños como El Pardo o la Colonia Mingorrubio, o bien rebasan dicho término alcanzando a Pozuelo de Alarcón.

Estos hechos me obligaron a reconsiderar este programa y a abandonarlo, aunque lo hice sólo en parte, ya que para datos globales es útil al permitir la comparación con otros programas.



## c) El Código Pueblo

Las aproximaciones realizadas me llevaron a preguntar a los técnicos de programación del Canal por un método que me acercase más a la realidad del consumo por zonas. La respuesta fue el Código Pueblo.

Consiste éste, en cruzar en un programa cibernético las tarifas vigentes en 1.977 en horizontales, con una relación de pueblos, barrios, colonias, polígonos industriales, etc., que tenían una codificación preestablecida por el Canal, en verticales. Este proceso me ha permitido saber el número de pueblos abastecidos por el Canal y sus consumos desglosados según las tarifas. El programa lo realizamos con los datos de 1.976 y lo rehicimos con los de 1.977.

El problema fundamental surgido en este programa no fue otro que el conocimiento de los consumos de las zonas de Madrid. Los barrios, los polígonos, y las colonias facilitadas por el Canal tienen una superficie cuyos límites no coinciden con los límites de los barrios municipales, porque dependen de las tomas de la red de distribución en el barrio de que se trate, y una zona abastecida que tiene una denominación por el Canal, o bien no cubre toda la superficie municipal, o bien la sobrepasa.

No obstante, este programa ha servido también para saber los tipos de consumo y la relación entre ellos, como se puede apreciar en los cuadros 4 y 5, y para comparar los datos del consumo de Madrid y los pueblos abastecidos de este programa con los del anterior del Código Postal. Cuadros 6 y 7.

Por otro lado, como dije con anterioridad, nos va a permitir saber el consumo desglosado de cada uno de los pueblos de la zona abastecida por el Canal de Isabel II.

RELACION DE PUEBLOS ABASTECIDOS POR EL CANAL DE ISABEL II

<u>Nombre del municipio</u>	<u>Número en el Mapa</u>
Alcobendas	83
Alcorcón	123
Algete	85
Buitrago	15
Colmenar Viejo	66
Coslada	105
Getafe	144
Guadalix de la Sierra	54
Leganés	143
Majadahonda	76
Manjirón	27
Mejorada del Campo	125
Molar, El	68
Patones	42
Pedrezuela	55
Pozulo de Alarcón	104
Redueña	44
Rozas de Madrid, Las	80
San Agustín de Guadalix	67
San Fernando de Henares	106
San Sebastián de los Reyes	84
Talamanca del Jarama	57
Torrejón de Ardoz	107
Torrelaguna	45
Torremocha	46
Valdetorres	69
Velilla de San Antonio	126
Vellón, El	56
Venturada	43
Uceda (Guadalajara)	168
Valdepeñas de la Sierra (Guadalajara)	126

Fuente: Canal de Isabel II. Memoria 1977. CODIGO PUEBLO 1977 y España. Mapa Base Municipal, escala 1:500.000. I.G.A., 1.973.



Mapa 1.

CUADRO 4. CODIGO PUEBLO\*1976. TARIFAS.

TARIFAS	METROS CUBICOS	% SOBRE EL TOTAL FACTURADO
11 Domiciliario	172.156.384	53,79
21 Estado domiciliario	7.851.700	2,45
22 Estado no domiciliario	35.023.493	10,94
23 Hospitales oficiales	563.145	0,18
24 Domiciliario no doméstico	4.416.078	1,38
25 Iglesias y conventos	4.933.481	1,54
26 Benéfica	4.243.264	1,33
27-28 Riegos Ciudad Universit.	No consta	0
31-32 Industria y comercio	81.724.293	25,54
33 Industria de preferente localización	204.165	0,06
34-35-36 Obras en construcción clínicas y sanatorios	8.907.611	2,78
TOTAL FACTURADO	320.023.614	100,00
TOTAL ABASTECIDO	438.265.000	
Porcentaje del total facturado sobre el abastecido		73,02

\*Zona abastecida por el Canal de Isabel II, incluido Madrid.

Fuente: Canal de Isabel II y elaboración propia.

CUADRO 5 CODIGO PUEBLO\* 1977. TARIFAS.

538.

TARIFAS	METROS CUBICOS	% SOBRE EL TOTAL FACTURADO
1 Domiciliario	173.518.624	52,74
1 Estado domiciliario	8.101.872	2,46
2 Estado no domiciliario	43.188.303	13,13
3 Hospitales oficiales	515.824	0,16
4 Domiciliario no doméstico	4.789.937	1,46
5 Iglesias y conventos	5.293.347	1,61
6 Benéfica	4.334.307	1,32
7-28 Riegos Ciudad Universit.	403.089	0,12
1-32 Industria y comercio	79.524.440	24,17
3 Industria de preferente localización	144.331	0,04
4-35-36 Obras en construcción clínicas y sanatorios	9.194.063	2,79
TOTAL FACTURADO	329.008.147	100,00
TOTAL ABASTECIDO	429.699.000	
Porcentaje del total facturado sobre el abastecido		76,57

ona abastecida por el Canal de Isabel II, incluido Madrid.  
ente: Canal de Isabel II y elaboración propia.

CUADRO 6 . CODIGO PUEBLO 1976.

	CONSUMO DOMICILIARIO Y PUBLICO m <sup>3</sup>	CONSUMO INDUSTRIAL Y COMERCIAL m <sup>3</sup>	CONSUMO TOTAL m <sup>3</sup>	POBLACION	DOTACION	DOTACION	DOTACION
					DOMICI.Y TOTAL	INDUST.Y TOTAL	PUBLICA COMERCI.
							Litros/habitante y día
TOTAL PUEBLOS	27.171.210	9.884.888	37.056.098	588.560	126,5	46	172,5
TOTAL MADRID	202.016.335	80.951.181	282.967.516	3.228.057	171,5	68,5	240
% PUEBLOS	11,86	10,88	11,58	15,42			
% MADRID	88,14	89,12	88,42	84,59			
TOTAL FACTURADO	229.187.545	90.836.069	320.023.614	3.816.617	164,5	65	229,5

Fuente :Canal de Isabel II. Programa Código Pueblo 1976.

I.N.E. Padron Municipal de Habitantes. 1975. y elaboración propia.

CUADRO 7 . CODIGO PUEBLO 1977.

	CONSUMO DOMICILIARIO		CONSUMO INDUSTRIAL	CONSUMO TOTAL	POBLACION	DOTACION		DOTACION TOTAL
	Y PUBLICO	Y COMERCIAL	DOMICI.Y PUBLICA			INDUST.Y COMERCI.		
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>			Litros/habitante y día		
TOTAL PUEBLOS	39.918.652	10.320.324	50.238.976	588.560	185,8	48	233,8	
TOTAL MADRID	200.226.661	78.542.510	278.769.171	3.238.057	170	66,6	236,6	
% PUEBLOS	16,62	11,61	15,27	15,42				
% MADRID	83,38	88,39	84,73	84,59				
TOTAL FACTURADO	240.145.313	88.862.834	329.008.147	3.816.617	172,4	63,8	236,2	

Fuentes : Canal de Isabel II.Programa Código Pueblo 1977.  
I.N.E. Padrón Municipal de Habitantes.1975. Y elaboración propia.

## d) Códigos sectores del Canal

Dado que no podía llegar a determinar el consumo de agua de Madrid por barrios o zonas, me decidí a realizar un nuevo programa, que amablemente fue elaborado en el centro de cálculo del Canal.

Consiste éste, en utilizar los sectores de Madrid, en los que el Canal divide la ciudad para cobrar los recibos, vaciar los calle por calle y relacionarlos con las tarifas agrupadas en tres epígrafes; domiciliario, público, e industrial y comercial. De todo esto, lo importante, es que conseguí averiguar el consumo de todas las calles de Madrid, algunas de ellas desgraciadamente desperdigadas en varios sectores del Canal. El paso siguiente consistió en elaborar un estadillo de cada barrio municipal con las calles que contenía. En aquellos casos en que una calle perteneciera a varios barrios, se dividía esta, según la longitud que tuviera en el plano, en fracciones.

Este método arbitrario y poco exacto puede haber conducido a algún error, en barrios con calles de límite que además sean muy largas, como Alcalá, Castellana, Generalísimo, etc., pero puede justificarlo con un motivo práctico: el método exacto exigía delimitar las manzanas de cada una de las secciones de los barrios que delimitaban esas calles y vaciar su población del Padrón de Habitantes, hallar a continuación una proporción entre los habitantes de una calle y su consumo de agua, y luego asignar a cada tramo de la calle una cantidad de agua. Si a esto añadimos tres operaciones, las mismas que tarifas, me hubiera eternizado haciendo operaciones. Aún así operar con veinticinco mil datos de forma manual, agrupándolos en calles (las tres tarifas) y barrios, me llevó cuatro meses del verano de 1978.

Una vez que hice la adecuación de las zonas del Canal a los barrios de Madrid, pude plasmar los resultados en una serie



de mapas y gráficos que presento en el capítulo correspondiente en tres grandes apartados: consumo domiciliario y público, (al final decidí agrupar el consumo domiciliario con el público por la poca entidad numérica del segundo), consumo industrial y comercial, y consumo total. Estos datos los relacioné con la población madrileña sacada del Padrón Municipal de Habitantes de 1.975 del Instituto Nacional de Estadística, que me pareció mas exacto, prefiriendo perder exactitud en el tiempo para ganar la en las cifras, ya que comparo consumos de 1977 con población de 1.975, en gran medida por que las rectificaciones del Padrón van con retraso y son menos exactas que el Padrón mismo. Con todo, creo que el error introducido en los datos no debe pasar del cinco por ciento, incluido el posible error de trasvase de las cifras de los sectores operativos del Canal a los barrios municipales madrileños.

Los resultados obtenidos, con el fin de comparar con los programas anteriores, han sido los siguientes:

CUADRO 8. CODIGO SECTORES DEL CANAL\* . 1.977

	Consumo domiciliario y público m <sup>3</sup>	Consumo Industrial y comercial m <sup>3</sup>	Consumo total m <sup>3</sup>
TERMINO MUNICIPAL DE MADRID	196.691.329,4	80.185.820	276.877.149,4
Poblacion 3.228.057	DOTACION DOMICILIARIA PUBLICA	DOTACION INDUSTRIAL O COMERCIAL	DOTACION TOTAL
	167 l/hab. y día	68 l/hab. y día	235 l/hab. y día

\* El consumo está referido al agua facturada

Fuente: Canal de Isabel II. Código sectores del Canal 1.977

I.N.E. Padrón Municipal de Habitantes 1.975 y elaboración propia.

## e) El Código Industrial

El siguiente paso, una vez que había conseguido calcular el consumo por barrios de Madrid de la forma más individualizada posible, fue tratar de profundizar más y averiguar el consumo industrial y comercial desglosado en sectores de actividad en los barrios, distritos y pueblos de Madrid abastecidos por el Canal.

Con este fin fue realizado un nuevo programa al que denominaré Código Tarifa Industrial, <sup>(TRADI-CODI)</sup> que consistió en cruzar los datos del Código Tarifa vigente en 1.977 con el Código Actividad de los abonados, anejos 1 y 2. En él están recogidos todos los datos de consumo industrial y comercial, casa por casa y calle por calle.

En la parte superior tiene los datos siguientes:

Expediente: número de expediente de alta que consta en el Canal.

Toma: Número de tomas de agua

Nombre del concesionario

Dirección: calle y número

Distrito postal

Código Pueblo: En blanco si es de Madrid y con números o letras si se trata de un pueblo de la zona abastecida o de un barrio nuevo, de los últimos 40 o 50 años.

Tarifa: número del Código Tarifa, véase apéndice número I M-3 1.977: número de metros cúbicos consumidos en 1.977.

Actividad: número de Código Actividad, véase el apéndice número 2.

Viv: vivienda en este caso el valor de los metros cúbicos/año no tiene sentido, ya que sólo interesa el consumo industrial y no el domiciliario.

Cali: Diámetro de la toma en milímetros

Ruta: número de ruta de los cobradores del Canal.

El programa se dividió en cuatro partes:

La primera es intersección de las Tarifas 32-33-34, que se refieren a la industria, el comercio y las obras, con las Actividades 41-42, que incluye fábricas, talleres, mataderos y obras. En definitiva aporta un conjunto de datos que conducirían al conocimiento del consumo industrial.

La segunda es la intersección de las Tarifas 31-32-33-34, con la Actividad 31-32-33-34, que se refiere a comercio, oficinas, tiendas, restaurantes, cines, etc. Nos da los datos de consumo comercial.

La tercera es la intersección de las tarifas 31-32-33-34 con la actividad distinta de 31-32-33-34-41-42. Serían aquellas actividades comerciales y de servicios que no están englobadas en las tarifas 31-32-33-34, que son las de industria y comercio propiamente dichas. El dato mas frecuente es el de incendio, aunque en algunos de ellos se hayan gastado ceros metros cúbicos, este hecho está en relación con la propiedad del contador. La cuarta es la intersección de las tarifas distintas de 31-32-33-34, con la actividad 31-32-33-34-41-42. Esto es, la relación entre algunas tarifas en el código tarifa correspondiente, por lo que se utilizan los códigos de actividad industriales y comerciales. El dato mas frecuente es el de vivienda-obra, es decir, las viviendas reservadas a los guardas y obreros en una construcción nueva y las viviendas que ocupan los primeros habitantes hasta que la empresa constructora cede a la comunidad de propietarios la administración de la finca.

El primer programa consta de 219 páginas, el segundo de 257, el tercero de 28 y el cuarto de 17. que por 53 líneas de media que tiene cada página y por 12 datos, hacen un total de 331.356 que como es lógico pensar no he agotado, en unos casos por no ser <sup>de</sup> utilidad y en otros por que sólo he utilizado una muestra

545.

que describo en el capítulo 4.2.7. que titulo "consumo industrial y comercial por barrios y sectores de actividad".

Pero con todo, el problema fundamental que me ha planteado este programa ha sido la reconversión de los datos, no sólo porque las industrias o los sectores industriales o comerciales no vienen especificados, sino también porque al venir con un nombre propio, en la mayoría de los casos, me ha obligado a consultar sistemas poco exactos como la guía telefónica, las guías de calles, etc.

Por último he dividido los resultados en varios epígrafes:

1. Comercio, oficinas y servicios
2. Industria
  - 2.1. Alimentación
  - 2.2. Bebidas
  - 2.3. Tabaco
  - 2.4. Textiles
  - 2.5. Madera y Corcho
  - 2.6. Papel y Artes Gráficas
  - 2.7. Cuero, Calzado y Confección
  - 2.8. Químicas
  - 2.9. Materiales de Construcción, Vidrio y Cemento
  - 2.10. Metálicas
3. Construcción

#### 4.1. Madrid y el abastecimiento de agua

Todas las aproximaciones realizadas me han conducido a un conocimiento bastante aproximado de la realidad del consumo de agua en Madrid y el área de influencia del Canal.

Ahora bien, según los datos de los distintos programas existen algunas variaciones poco importantes:

CUADRO 1. Cuadro comparativo de los consumos facturados según el código empleado.

CODIGO		Consumo domici- liario y público	Consumo indus- trial y comer- cial	Consumo to- tal m <sup>3</sup> /año
Pueblos	Código Postal	41.091.824	10.261.102	51.352.926
	Código Pueblo	39.918.652	10.320.324	50.238.976
	Sectores Canal	----	----	----
Madrid	Código Postal	199.499.262	77.246.800	276.746.062
	Código Pueblo	200.226.661	78.542.510	278.769.171
	Sectores Canal	196.691.329,4	80.185.820	276.877.149,4

Fuente: Canal de Isabel II y elaboración propia.

Quizá en el que haya un error menor sea el código postal para datos globales, ya que es el que salió más elaborado de todos los programas de las máquinas computadoras, es, por otro lado, en el que menor número de operaciones he tenido que realizar, y por tanto el menos susceptible de introducción posible de error.

El código pueblo tiene un grave defecto, y es la imprecisa delimitación de algunas colonias y barrios de Madrid. En el código postal, la mayor parte de los límites están claros, y los que no lo están es fácil rectificarlos, Pozuelo, El Parado y Mingorrubio, esto no ocurre con el código pueblo, que siendo bastante preciso en los pueblos del Norte tiene una

delimitación imprecisa en las colonias y barrios que están ubicados en la zona sur de Madrid.

El que tiene los datos menos fiables con un error del 1,5%, por defecto en el consumo domiciliario y por exceso en el industrial, es el de los sectores del Canal, porque el trasvase de datos ha sido mayor. Puedo afirmar, que es en el consumo industrial y comercial donde se puede localizar el mayor error, porque en las calles marginales del sur del municipio madrileño existe una concentración de industrias considerable que están en calles que aparecen con código pueblo, es decir pertenecen a un pueblo y al mismo tiempo tienen nomenclatura de calle del municipio de Madrid, opté por asimilarlo a este último. También hay error <sup>en los</sup> datos industriales debido a un número que colocaba en la parte superior de la cifra de consumo, pues bien, dicho número lo he asociado unas veces a otro número de consumo público y en otras ocasiones lo he olvidado, por tanto es lógico pensar que me saliese en el resultado final menos agua industrial que en otros programas, sin embargo por el problema anterior de las delimitaciones el resultado es que sale un dato global mayor, que indica un error, el haber trasvasado agua industrial de los municipios del sur a Madrid. De todas formas y en mi descargo estos hechos han tenido poca incidencia, como se puede apreciar en el cuadro comparativo, en cuanto al volumen de datos operados.

#### 4.1.1. Madrid

El consumo de Madrid en relación con el consumo total es variable según los años, pero con todo oscila alrededor del 85%, con esta variación se establecen varias relaciones; el porcentaje es mayor siempre en el consumo industrial y comercial que en el domiciliario y público, Madrid en relación con lo que le rodea tiene mayor peso específico como ciudad industrial que como centro urbano, como también está por encima de casi todas las ciudades españolas, en cuanto a cantidad y porcentaje de

consumo de agua industrial y muy bien situada en el conjunto de las ciudades europeas.

El porcentaje de consumo domiciliario oscila alrededor del 88% del total de agua domiciliaria abastecida y facturada por el Canal, saldo positivo a favor de Madrid que sólo tiene el 84,59% del total de la población, aunque se puede decir que el porcentaje es bastante equilibrado, si se tiene en cuenta que el consumo de las zonas rurales es siempre menor que las urbanas. Este porcentaje resulta equilibrado en gran parte, porque los municipios que limitan nuestra ciudad están incluidos dentro del area metropolitana y son ciudades-dormitorio, es decir no son area rural, sino periurbana.

El consumo público que podría ser mayor comparativamente con los municipios, es sólo el 63,28. Esto es debido a que el agua que consumen algunos municipios es gestionada por los ayuntamientos, como el caso de Alcorcón, y por tanto se incluye en consumo municipal, es decir, en consumo público, introduciendo un error considerable y un porcentaje exagerado (el 36,72%) en los pueblos abastecidos. Además en el caso de Madrid no se engloban los usos públicos municipales y sociales que son un capítulo muy importante como veremos a continuación.

Todos los epígrafes nos hacen ver con cierta facilidad por que el agua abastecida, es decir, salida de los depósitos y no facturada sea del 25%, y no sólo en la actualidad, sino que este hecho lo encontramos casi todos los años como se puede ver en el cuadro nº 2, y quedaba reflejado en la memoria del Canal de 1.927, donde el porcentaje de agua facturada sobre la consumida era del 54,5%. Creo que sería correcto denominar a este epígrafe "Agua de uso público y social no facturada, mas que agua perdida o agua no facturada".

CUADRO 2 . CUADRO COMPARATIVO ENTRE EL AGUA ABASTECIDA Y FACTURADA

AÑOS	AGUA FACTURADA m <sup>3</sup> /año	AGUA CONSUMIDA m <sup>3</sup> /año	PORCENTAJE facturado sobre consumido
1946	74.046.341	109.431.370	67,5
1947	83.754.002	116.099.890	72
1948	89.088.219	115.209.050	77
1949	62.485.240	71.608.830	87
1950	77.739.995	113.541.060	68,5
1951	80.282.958	119.184.870	67
1952	94.553.444	127.839.870	73
1953	98.982.559	132.509.970	74
1954	98.672.174	140.352.540	70
1955	107.729.498	151.734.540	70
1956	111.704.429	164.121.370	68
1957	120.510.856	170.296.920	70
1958	126.649.280	186.020.803	68
1959	134.738.813	198.975.710	67
1960	147.945.698	216.305.590	68
1961	154.695.625	228.128.015	67
1962	165.545.063	243.387.410	68
1963	179.921.882	256.242.020	70
1964	198.397.721	271.126.660	73
1965	189.215.318	277.204.535	68
1966	217.110.361	327.712.312	66
1967	229.517.759	359.906.426	63
1968	240.433.840	377.039.077	63
1969	250.575.854	376.672.222	66
1970	260.700.367	373.551.316	70
1971	268.381.285	384.816.984	70
1972	284.159.660	403.387.725	70,5
1973	301.165.991	430.630.380	70
1974	314.185.081	429.290.029	73
1975	-- --	433.863.000	--
1976	320.023.614	438.265.000	73
1977	329.008.147	429.699.000	76,5

Porcentaje medio de agua facturada sobre agua consumida 70%

Fuente: Canal de Isabel II. Memorias, 1950-70-74, y elaboración propia.



4.1.1.a. El consumo actual.

En el año 1.977 el término municipal de Madrid consumió las siguientes cantidades de agua:

CUADRO N° 3

Tipo de consumo	metros cúbicos	porcentaje
Consumo domiciliario base	154.076.521	43,38
Estado domiciliario	6.878.198	1,93
Domiciliario doméstico	3.506.202	0,98
Iglesias y conventos	1.930.538	0,54
Benéfica	3.293.540	0,92
Total domiciliario	169.684.999	47,75
Estado no domiciliario	26.556.130	7,47
Hospitales oficiales	497.350	0,14
Total público	27.053.480	7,61
Riegos Ciudad Universitaria	403.098	0,11
Industria y comercio	71.218.060	20,05
Industria preferente localización	126.368	0,03
Obras en construcción, clínicas y sanatorios	6.685.234	1,88
Total industria	78.029.682	21,96
Usos sociales y públicos no facturados, usos municipales, riegos calles, pérdidas no facturadas y producidas en el término municipal de Madrid. Aprox.	76.851.851	22,52
Total término municipal de Madrid	352.023.101	100,00

Fuente: Canal de Isabel II. Los datos son el resultado de sumar los distritos postales, añadiendo el consumo de El Pardo y Mingorrubio, y restando los de Pozuelo y Húmera (Distrito Postal 20), estos no pertenecen al Término Municipal de Madrid. Los datos han sido facilitados por medio de dos programas distintos en máquinas Siemens (Código Postal y Código Pueblo) El Término Municipal de Madrid viene a consumir el 82% del total abastecido por el Canal de Isabel II que son 429 millones de metros cúbicos. (Elaboración propia)

En este cuadro se puede apreciar la importancia que tiene el consumo domiciliario en relación al consumo total, cerca del 50% del volumen de agua consumida en el municipio madrileño, sin incluir la parte alícuota que le correspondería del agua no facturada y destinada para usos sociales, es decir de fuentes públicas, y además sin incluir los aproximadamente diez millones de metros cúbicos/año que aporta la Sociedad Hidráulica Santillana.

El sector público es el que consume una cantidad menor, debido a los fines a que se destina el agua, en su mayor parte Ministerio, Ayuntamientos, Comisarías. etc. En este grupo he introducido la variable hospitales oficiales, donde el agua no se utiliza exclusivamente para usos domiciliarios. La poca importancia de los riegos de la Ciudad Universitaria queda reflejada en las cantidades consumidas que son una anécdota, como incluso veremos dentro del barrio en el que está ubicada dicha área, ya que por sí sólo consume en el sector público unas seis veces mas, es decir  $2.552.172 \text{ m}^3/\text{año}$ .

El apartado industria y comercio es bastante importante con el 22% del consumo, en él quedan englobados todo el consumo de industria, comercio y servicios, clínicas y sanatorios y obras, es decir, construcción. Es normal que los apartados más importantes sean los de industria, fundamentalmente por el número de abonados que son 14.000 abonados, le sigue el comercio con unos 16.000 abonados pero de consumo cuantitativo menor. Las obras son un epígrafe mas variable. Las clínicas y sanatorios y la industria de preferente localización no tienen casi ningún peso específico. Por último estaría el agua no facturada, destinada a usos sociales y públicos en el que se incluyen riegos y pérdidas y que es un epígrafe invariable del que ya di razón anteriormente.

552.

El Ayuntamiento en su resumen estadístico 1.976 da los siguientes datos porcentuales de consumo sin incluir el agua no facturada.

CUADRO N° 4

Tipo de consumo	Domiciliario	Industrial	Centros públicos	total
Porcentaje	56%	29%	15%	100
M <sup>3</sup> /año	161.541.498	82.614.574	43.626.890	287.782.962
Agua consumida y no facturada	-	-	-	102.272.983
Aportación al término Municipal de Madrid				390.055.495

Fuente: Resumen estadístico del Ayuntamiento de Madrid. 1.976.

Hallados los porcentajes sobre el total abastecido resulta

CUADRO N°5.

Tipo de consumo	m <sup>3</sup> /año	Porcentaje
Domiciliario	161.541.498	41,42%
Público	43.626.809	11,18
Industrial	82.614.574	21,18
Usos públicos y sociales (no facturado)	102.272.963	26,22
Total municipio de Madrid	390.055.495	100

Fuente: Resumen Estadístico y elaboración propia.

Los porcentajes que aparecen son muy cercanos a los nuestros suponiendo que algunos epígrafes domiciliarios, como es tado domiciliario e iglesias y conventos los agrupen en el sector público y teniendo en cuenta que los años son distintos, 1.977 y 1.976. En este último año el consumo bruto del área abastecida por el Canal fue de 449 Hm<sup>3</sup>, correspondiéndole a Madrid el 86,66%.

4.1.1b. La dotación actual

En conjunto las dotaciones específicas de Madrid son bastante buenas, no sólo atendiendo a la media española que es de 200 l. por habitante y día, sino que también se acerca a las medias actuales de los países desarrollados de 400 litros por habitante y día. Por otra parte es bastante equilibrada como se puede apreciar en el siguiente cuadro que nos da los valores de la dotación relacionando el consumo de 1.977 con la población de 1.975.

CUADRO N° 6

Tipo de consumo	Dotación l./hab. y día
domiciliario base	130,77
Estado domiciliario	5,84
Domiciliario doméstico	2,98
Iglesias y conventos	1,64
Benéfica	2,79
Total domiciliario	144,02
Estado no domiciliario	22,54
Hospitales oficiales	0,42
Total público	22,96
Riegos ciudad Universitaria	0,34
Industria y comercio	60,44
Industria preferente localización	0,11
Obras en construcción, clínicas y sanatorios	5,67
Total industria	66,22
Usos sociales y públicos no facturados aproximadamente	65,23
Dotación del Término Municipal de Madrid	298,77

Fuente: Canal de Isabel II (Código Postal y Código Pueblo. Resumen Estadístico del Excmo. Ayuntamiento de Madrid. (Elaboración propia.)

Los valores pormenorizados de la dotación doméstica son difíciles de establecer, pero utilizando los módulos del U. S. Geological Survey para el Medio oeste americano se pueden calcular los siguientes valores de la dotación domiciliaria en Madrid.

<u>Consumo domiciliario</u>	<u>U.S. %</u>	<u>Madrid l/hab. y día</u>
Usos Sanitarios	41 %	59 l/hab. y día
Aseo diario	38 "	54 "
Cocina	6 "	9 "
Lavado de coche	4 "	6 "
Colada	4 "	6 "
Limpieza del suelo	3 "	4,4 "
Riego del Jardín	3 "	4,4 "
Bebidas	1 "	1,4 "
Total	100	144,2 l/hab. y día

Fuente: Bethemont, J.: "De l'eau et des Hommes. Essai géographique sur l'utilisation des eaux continentales". Bordas. Paris, 1.977. pág. 23.

Aunque los valores en el caso de Madrid fueran menores en lavado del coche y riego de jardín, estos supondrían un aumento de otros epígrafes en dotación.

Sería conveniente, por tanto, para evitar el derroche de agua que suponen los sanitarios y que constituyen el 60% del uso de agua, emplear sistemas de reciclado de aguas sucias en cada edificio para uso de los sanitarios, como ya sucede en algunos lugares del Japón o bien, y más comodo, utilizar aparatos de doble paso según presión ejercida en las cisternas que reduzcan el volumen de agua, con lo que se podría economizar la mitad del agua que se gasta actualmente en estos usos, que por ejemplo de generalizarse en Madrid supondría

un ahorro de 34 millones de metros cúbicos/año.

De cualquier forma, he recogido también otros datos de dotación domiciliaria, similares a los americanos.

Cuadro de Consumos Técnicos según Rigotti.

Consumo por persona y día.

- Consumo domiciliario.

Beber	1 litro
Aseo personal	8 "
Comida	3 "
Limpieza hogar	8 "
Lavado ropa	10 "
Baño	350 "
Ducha	50-100 "
Inodoro	8- 15 "
Lavado auto	200-300 "
m <sup>2</sup> de jardín	1,5"

- Servicios públicos.

Perdidas	10-15 % del total abastecido.
Escuelas	4 litros alumno y día de clase.
Cuarteles	30-50 " por soldado y 50-60 litros por caballo
Hospitales	200-500 " por enfermo.
Hoteles	100 " por persona.
Colegios	50-100 " por interno.
Bocas de riego	6 l/seg. de capacidad 2 l/m <sup>2</sup> y día de calle.
Fuentes	2-3 m <sup>3</sup> /día
Lavadoras	1-2 "
Mercados	5-7 l/m <sup>2</sup>
Mataderos	150-400 l/seg.

-Industrias.

Variables pero indicativo 10 l/hab. y día mínimo absoluto, máximo 60-70 l/hab. y día aunque el máximo es más bien relativo, bien podía ser el máximo real absoluto en poblaciones medias.

Fuente: RIGOTTI, G.: "Urbanismo, La Técnica. Edit. Labor. S.A. Barcelona, 1.955 pág. 701-719.

**Demanda de agua para usos domésticos en zonas rurales y urbanas, Inglaterra y Gales**

Componentes	Demanda doméstica en zonas urbanas		Demanda doméstica en zonas rurales	
	Consumo estimado (litros diarios por habitante)	Porcentaje de la demanda doméstica urbana	Usuario	Necesidades diarias (litros diarios por habitante)
Agua y aseo personal	55	30	Vacas lecheras (incluidas limpieza y refrigeración)	150
Agua terna inodoro	55	30	Otras cabezas de ganado vacuno	50
Agua para lavado de vajilla			Caballos	50
Agua para limpieza doméstica	15	10	Cerdos	15
Agua para lavado de ropa	15	10	Ovejas	5
Agua para cocinar			Aves de corral (por 100 aves)	25
Agua para beber	5		Consumo doméstico	120
Agua para riego de jardines	5	10		
Agua para lavado de automóviles	5			
Pérdidas en la distribución	20	10		

**Fuente:** "Water resources planning with special reference to water requirements forecasting" (ESA/RT/AC.3/11).

Naciones Unidas: La demanda de agua: procedimientos y metodologías. Recursos Naturales. Serie del Agua. nº 3 Nueva York. 1.976.  
p. 195.

Aumento estimado de la demanda de agua para usos domésticos  
para el año 2000, Países Bajos  
(Litros diarios por habitante)

Demanda estimada para el año 2000		Aumento de la demanda entre 1970 y 2000	
Componente	Cantidad	Causa del aumento	Cantidad
Preparación de comidas	20	Mejora de la vivienda	25
Máquinas lavavajillas	15	Aumento del uso de máquinas	
Máquinas lavadoras	20	lavavajillas	20
Inodoros	45	Aumento del uso de máquinas	
Baños, duchas y otras formas de higiene	65	lavadoras	15
Riego de jardines	10	Aumento de las cisternas	7
Consumo restante (incluidos el lavado de automóviles y la limpieza del hogar)	25	Aumento del riego de jardines	8
		Unidades familiares menores	10
		Cambio de actitudes respecto del consumo de agua (sobre todo, aumento de los baños)	40
Total	200		125 <sup>a/</sup>
		Total	

Fuente: "Water requirements forecasting in the Netherlands" (ESA/RT/AC.3/9).

a/ Incluido un consumo actual estimado de 25 litros diarios por habitante para lavado de ropa, lavado de vajilla y jardinería. Como el uso actual total se estima en 100 litros diarios por habitante, se prevé que el consumo diario de agua para usos domésticos se duplicará en el año 2000.



#### 4.1.1c. El estancamiento de la dotación de los últimos años

Es un hecho reconocido por el propio Canal que la dotación que había aumentado en la década de los sesenta de una forma acelerada, ha sufrido una estabilización en lo que llevamos de la década actual como podemos apreciar en el cuadro n° 7.

CUADRO N° 7. Dotación en L/hab. y día

Años	Area abastecida por el Canal de Isabel II (según Canal)	Madrid (según resumen estadís- tico Ayuntamiento)
1.970	295-297	325
1.971	295	340
1.972	299	337
1.973	309-320	345
1.974	294	347
1.975	309	239
1.976	309	331
1.977	297	-

Fuente: Canal de Isabel II

Resumen Estadístico del Ayuntamiento de Madrid.

En un ciclo de conferencias que se desarrollaron en el Canal, el 1 de mayo de 1977, el Director D. Rodolfo Urbistondo, reconocía que el consumo se había acomodado al crecimiento actual de Madrid y por tanto la dotación se había estabilizado y las previsiones futuras, que se habían hecho, estaban en cierta forma por encima de los datos que nos va suministrando la realidad cotidiana. Reconoció que las previsiones se habían hecho en los años finales de la década de los sesenta y comienzo de los setenta, cuando el crecimiento era muy fuerte, pero al desaparecer esas condiciones, por la crisis que venimos padeciendo, las posibilidades que nos depara el

futuro parecen ser otras a las pronosticadas. Aunque reconoció también que se puede dar un cambio brusco que obligue a realizar fuertes inversiones. El hecho es que la dotación no crece. Otra de las circunstancias que han modificado el movimiento ascendente de la dotación ha sido que las grandes construcciones de presas y conducciones llevan una marcha mas lenta, mas acorde con el crecimiento madrileño, se van desarrollando los planes y ya está en marcha el proyecto de la presa del Jarama Medio que influirá en un avance ligero de la dotación, puesto que hay que contar con la ampliación de la superficie a abastecer. El crecimiento sostenido que había mantenido la dotación desde 1.950 con 201 l/hab. y día hasta las puntas del año 68 en que se alcanzaron los 329 l/hab. y día, ha venido a estabilizarse en torno a los 300 l/hab. y día en los últimos años.

En cierta medida el Canal procura mantener las dotaciones, a pesar del incremento constante <sup>del número</sup> de los municipios abastecidos, pero para al mismo tiempo aumentar la dotación, y preveer los aumentos de población, cuando estas variables son bastante aleatorias y en una zona de movimientos de población prácticamente imprevisibles, por ejemplo, algunos municipios que en 15 años han pasado de 2.000 o 3.000 habitantes a 20.000 o 150.000, y máxime cuando cualquier tipo de planificación o simplemente de actuación en respuesta a un problema de abastecimiento ya planteado, implica cifras de millones, elevadísimas en una época de crisis. Comprendemos la preocupación de la dirección del Canal por este compás de espera que provoca el estancamiento actual de la dotación. Pienso que a pesar de todo se va a permanecer en esta situación en un plazo corto o medio, es decir, que en cinco o 10 años la dotación permanecerá con ligeras variaciones, incluso es posible un descenso, que va a afectar no a los consumos domiciliarios y públicos o a los usos municipales y sociales, que se mantendrán mas o menos fijos, sino a la industria que va a tener que utilizar otro sistema de abastecimiento, como: pozos, reutilización del agua y depuración de aguas residuales.

#### 4.1.2. Area Metropolitana y área abastecida por el Canal

El Canal de Isabel II es un ente vivo en continua expansión que ha ido creciendo en los últimos 175 años, ganando en complejidad, en extensión de la red y en poblaciones a abastecer. El ámbito territorial y de actuación ( 4 ) fue ampliado por Real Decreto legislativo 1091/1.977 de 1 de abril del mismo año, a los municipios de la provincia y cuencas de su sistema hidráulico por convenio. En la actualidad abastece a 29 pueblos de la provincia de Madrid y a dos de la de Guadalajara . (Cuadro 1, mapa 1.)

Existe un proyecto para abastecer 18 municipios ( 2 ) de la denominada Sierra Pobre (cuadro <sup>mapa</sup> n° 2 ), si se terminan de poner de acuerdo la Diputación de Madrid y el Canal de Isabel II, porque aunque ya existe un convenio firmado por estos organismos, la Diputación parece que quiere tener un control efectivo sobre la gestión, dejando para el Canal sólo el aspecto técnico de las obras. Entretanto, gracias a estas divergencias de criterio los pueblos de esta zona esperan que se les asegure el abastecimiento que hasta ahora se realiza por medio de pozos y fuentes. (3)

Por otro lado existen desde hace tiempo anteproyectos para el abastecimiento de Parla, Pinto y Fuenlabrada, en el caso del primero, existía un proyecto para llevar agua desde el depósito de Getafe, pero el Canal no tiene suficientes recursos para financiar el abastecimiento de todos los pueblos de la provincia, y son los ayuntamientos, los que deben hacerse cargo de la financiación de las obras y en última instancia la Diputación y el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, ya que los municipios y el Canal de Isabel II dependen de estos organismos. No obstante el Canal ha colaborado con sus técnicos a paliar la catastrófica situación del municipio de Parla, elaborado con el servicio geofísico del MOPU un plan para ampliar el número de pozos que sirvan como paliativo al

Cuadro 1.

561.

RELACION DE PUEBLOS ABASTECIDOS POR EL CANAL DE ISABEL II

<u>Nombre del municipio</u>	<u>Número en el Mapa</u>
Alcobendas	83
Alcorcón	123
Algete	85
Buitrago	15
Colmenar Viejo	66
Coslada	105
Getafe	144
Guadalix de la Sierra	54
Leganés	143
Majadahonda	76
Manjirón	27
Mejorada del Campo	125
Molar, El	68
Patones	42
Pedrezuela	55
Pozulo de Alarcón	104
Redueña	44
Rozas de Madrid, Las	80
San Agustín de Guadalix	67
San Fernando de Henares	106
San Sebastián de los Reyes	84
Talamanca del Jarama	57
Torrejón de Ardoz	107
Torrelaguna	45
Torremocha	46
Valdetorres	69
Velilla de San Antonio	126
Vellón, El	56
Venturada	43
Uceda (Guadalajara)	168
Valdepeñas de la Sierra (Guadalajara)	126

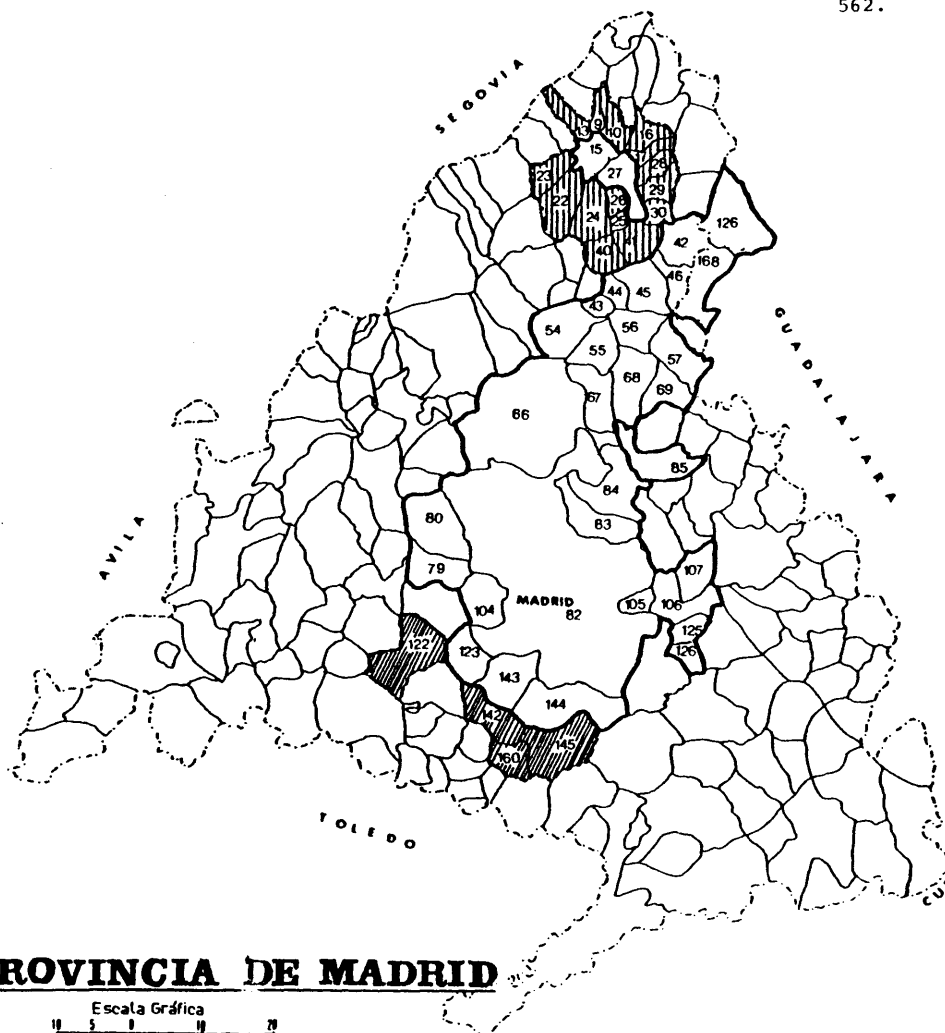
Fuente: Canal de Isabel II. Memoria 1977. CODIGO PUEBLO 1977 y España. Mapa Base Municipal, escala 1:500.000. I.G.A., 1.973.

56163



MAPA 3

562.



problema de escasez. Además, el proyecto primitivo de llevar agua desde Getafe, cuyo costo es de 400 millones, es imposible en este momento debido a la falta de recurso de financiación, sin embargo el Canal ha propuesto al Ayuntamiento de Parla y al MOPU una arteria menor que resolvería el problema a corto plazo. En el caso de Móstoles existe el proyecto de llevar agua desde la arteria de Alcorcón en un futuro próximo, pero ignoro la fecha de comienzo de las obras y entrada de servicio, en la actualidad se abastece de pozos.

Pinto tendrá agua próximamente, y es posible que cuando este estudio salga a la luz ya estarán gozando sus habitantes de los caudales necesarios para un consumo sin sobresaltos, en el verano del 80, en última instancia, los cuatro municipios tendrán agua suficiente para seguir desarrollándose y creciendo, aunque espero que menos y con criterios más racionales.

CUADRO N° 2. Municipios de la provincia de Madrid que serán abastecidos por el Canal de Isabel II.

Nombre del municipio	N° en mapa	Nombre del municipio	N° en mapa
El Cuadrón-Garganta	22	Gargantilla de Lozoya	23
Gandullas-Piñuecar	10	Gascones	13
Paredes de Buitrago	16	Lozoyuela	24
La Cabrera	40	Las Navas de Buitrago	26
Siete Iglesias	25	El Berrueco	41
Cervera de Buitrago	30	Paredes de Buitrago	16
Berzosa del Lozoya	28	Serrada de la Fuente	17
Robledillo de la Jara	29	Serna del Monte	9

Existe también anteproyecto para abastecer los municipios de:

Móstoles	122	Fuenlabrada	142
Parla	160	Pinto	145

Por último aquellos municipios de la provincia de Madrid que quiera ser abastecidos podrán concertar los servicios del Canal.

Fuente: Canal de Isabel II. Memoria 1.977.  
España: Mapa Base Municipal. Escala 1:500.000. IGA, 1.973.

Por lo que se refiere al uso que se hace del agua en los municipios que el Canal abastece en la actualidad, lo podemos ver reflejado en el cuadro nº3 que se refiere al año 1977.

Se ve cómo el consumo domiciliario expresa un porcentaje bastante menor que el consumo de Madrid-capital. Mientras que el consumo público es tres veces mayor en los municipios abastecidos que en la ciudad, la explicación está ya dada, pues este consumo público es el reflejo de la gestión que sobre el agua llevan los ayuntamientos. Si sumamos el porcentaje sobre el consumo domiciliario y el público de Madrid y de los pueblos, podemos ver como éstos tienen el 61,35% con los dos epígrafes agrupados, mientras que Madrid, capital de España y sede de un gran número de organismos de la Administración Pública tiene el 55,36%. Es decir, cuantitativamente los pueblos consumen en usos domiciliarios y públicos mayor cantidad de agua que Madrid, o lo que es lo mismo, los sectores domiciliario y públicos agrupados, tienen mayor peso específico en el consumo en los pueblos que en la ciudad. De modo que no nos extraña que el porcentaje de consumo industrial sea en los pueblos casi la mitad que en Madrid, porque muchos de ellos, ya lo hemos apuntado anteriormente, son ciudades dormitorio, Alcorcón, Alcobendas, Pozuelo, etc., antes que ciudades industriales, y el resto sólo son ciudades-dormitorio, o pueblos sin industria. Por otro lado los cuarteles militares están en ocasiones en pueblos.

En el sector de usos sociales y públicos, no facturados (pienso que debe haber un error en la aproximación subjetiva que he realizado)\* es posible que la cifra de consumo sea menor y esté perjudicando o alterando el resto de los porcentajes, pero indiqué con anterioridad la existencia de errores y he tenido que completar con este dato la falta de otros. Los usos sociales y públicos, es decir lo que no se factura o se pierde es imposible ubicarlo, por lo que tanto, este dato para Madrid como para los pueblos es una aproximación en función del consumo total.

\* El error consiste en dar un porcentaje fijo de agua para usos sociales y públicos, de forma subjetiva, ya que no existen datos, por un lado para Madrid y por otro para los municipios abastecidos.



CUADRO N° 3 . Consumo de los pueblos abastecidos por el Canal  
en 1.977, excluido Madrid.

Tipos de consumo	metros cúbicos	Porcentaje
Domiciliario base	19.442.113	25,02
Estado domiciliario	1.223.674	1,58
Domiciliario doméstico	1.283.735	1,65
Iglesias y conventos	3.362.809	4,33
Benéfica	1.040.767	1,34
Total domiciliario	26.353.098	33,92
Estado no domiciliario	16.632.173	21,41
Hospitales oficiales	18.474	0,02
Total público	16.650.647	21,43
Industria y comercio	8.306.380	10,70
Industria de preferente localización	17.943	0,02
Obras en construcción clínicas, y sanatorios	2.508.829	3,23
Total industria	10.833.152	13,95
Usos sociales y públicos (usos municipales, riegos, fuentes públicas, pérdidas, etc.) aproximadamente	23.839.002	30,70
Total consumo municipios abastecidos por el Canal	77.675.899	100,00

Fuente: Canal de Isabel II. Código Postal y Código Pueblo, (secundario). Elaboración propia. (Mas Pozuelo y Húmera, menos El Pardo y Mingorrubio).

La dotación de los pueblos que son abastecidos por el Canal es bastante buena en conjunto, se puede decir que es esperanzadora, porque es superior a la de Madrid capital, en más de 60 litros por habitante y día. Esta superioridad puede tener su razón de ser en varios hechos:

1ª.- La existencia de pueblos con barrios-dormitorio bastante extensos.

2ª.- Las edificaciones de los pueblos con barrios-dormitorio, que prácticamente son ciudades hongos de los últimos 25 años, son mas modernas que las de Madrid, por tanto disponen de mejor infraestructura sanitaria de conjunto y en cada residencia particular.

3ª.- La población que habita estos núcleos es más joven y las normas de higiene personal están mas extendidas que en poblaciones con un grado de envejecimiento mayor.

4ª.- El número de niños es generalmente mayor, la pirámide de población es muy ancha por la base, por lo que el consumo de agua en lavado es proporcional.

5ª.- Hay otras zonas en los pueblos que son barrios residenciales de clase elevada con un consumo de agua mucho mayor, por riegos, piscinas, etc. Las contrucciones nuevas, por ejemplo, son mucho mas abundantes porcentualmente en los pueblos abastecidos que en Madrid, como lo demuestra el 1,88% del consumo total de agua en esta, mientras que en aquellos es el 3,23%. Además comparativamente son 6,6 Hm<sup>3</sup> para 3.500.000 de habitantes en Madrid contra 2,5 Hm<sup>3</sup> por medio millón de habitantes en los pueblos, hecho que prueba mi aseveración anterior sobre la antigüedad de las edificaciones.

La dotación domiciliaria, como tal, es menor en los pueblos que en Madrid, sin embargo hay que tener en cuenta que la dotación pública, como ya sabemos, es gestionada por los Ayuntamientos. El agua industrial tiene una dotación generalmente menor, salvo el epígrafe de Agua para la construcción que es el doble

aproximadamente de la de Madrid.

De los usos sociales y públicos, no facturado, no hago hincapié en ellos porque el dato es una aproximación mas o menos certera, pero sin confirmación.

CUADRO N° 4 . Dotación de los pueblos abastecidos por el Canal en 1.977, excluido Madrid.

<u>Tipo de consumo</u>	<u>Dotación l./hab. y día</u>
Dimiciliario base	90,50
Estado domiciliario	5,70
Domiciliario doméstico	5,98
Iglesias y conventos	15,65
Benéfica	4,84
<b>Total domiciliario</b>	<b>122,67</b>
Estado no domiciliario	77,42
Hospitales oficiales	0,08
<b>Total público</b>	<b>77,50</b>
Industria y comercio	38,67
Industria de pref. localización	0,08
Obras en construcción, clínicas y sanatorios	11,68
<b>Total industria</b>	<b>50,43</b>
Usos sociales y públicos (no facturado)	110,97
<b>Dotación total</b>	<b>361,57</b>

Fuente: Canal de Isabel II. Código Postal y Código Pueblo, 1.977.

Padrón Municipal de habitantes. 1.975. Elaboración propia.

El consumo domiciliario y público es un fiel reflejo de la densidad de población de los municipios que forman el alfoz madrileño, de modo que la proximidad a la capital implica un mayor consumo de agua bajo este epígrafe. En el año 1.976 los municipios mas consumidores están agrupados en tres ejes o vías, la SW, con Alcorcón, Getafe, Leganés y Pozuelo de Alarcón, que consume casi el 60 % del total abastecido a los pueblos y f-acturado. Son ciudades dormitorio en las que la proximidad de localización de industrias hacen que el número de habitantes sea considerable, así como la posibilidad de crecimiento, ya que son focos de atracción potentes. Existe, sin embargo, una división social en esta zona, el municipio de Pozuelo es lugar de asiento de clases medias y altas, mientras que el resto lo son de clases medias y medias-bajas. Pero esta división espacial, no es sólo residencial sino también teniendo en cuenta el factor industrial, Pozuelo es un municipio que no tiene industria, Alcorcón aumenta el número de industrias como, por ejemplo, dos polígonos industriales y una industria lechera, para llegar a los dos municipios industriales por excelencia que son Getafe y Leganés. (Cuadros 5 y 6).

En 1.977 el porcentaje sobre el total abastecido y facturado a los pueblos de estos municipios ha aumentado a más del 65%. En especial Alcorcón, como consecuencia de la ampliación de la red a San José de Valderas y de las mejoras y extensión de la misma introducidas en Alcorcón, aunque también tenga que ver con este aumento el cobro de recibos, en cifras se puede expresar por un aumento de diez millones de metros cúbicos, pasando de 5.213.372 m<sup>3</sup> en 1.976 a 15.520.291 en 1.977.

Getafe y Leganés permanecen igual que en 1.976 mientras que Pozuelo aumenta ligeramente.

La segunda zona del área abastecida es el Norte-límitrofe; Alcobendas, San Sebastián de los Reyes y Colmenar Viejo. Es también un espacio que combina el ser ciudad-dormitorio con zona industrial, sobre todo en el municipio de Alcobendas que tuvo un aumento del consumo de mas de 850.000 m<sup>3</sup> entre los años 1.976-1.977.

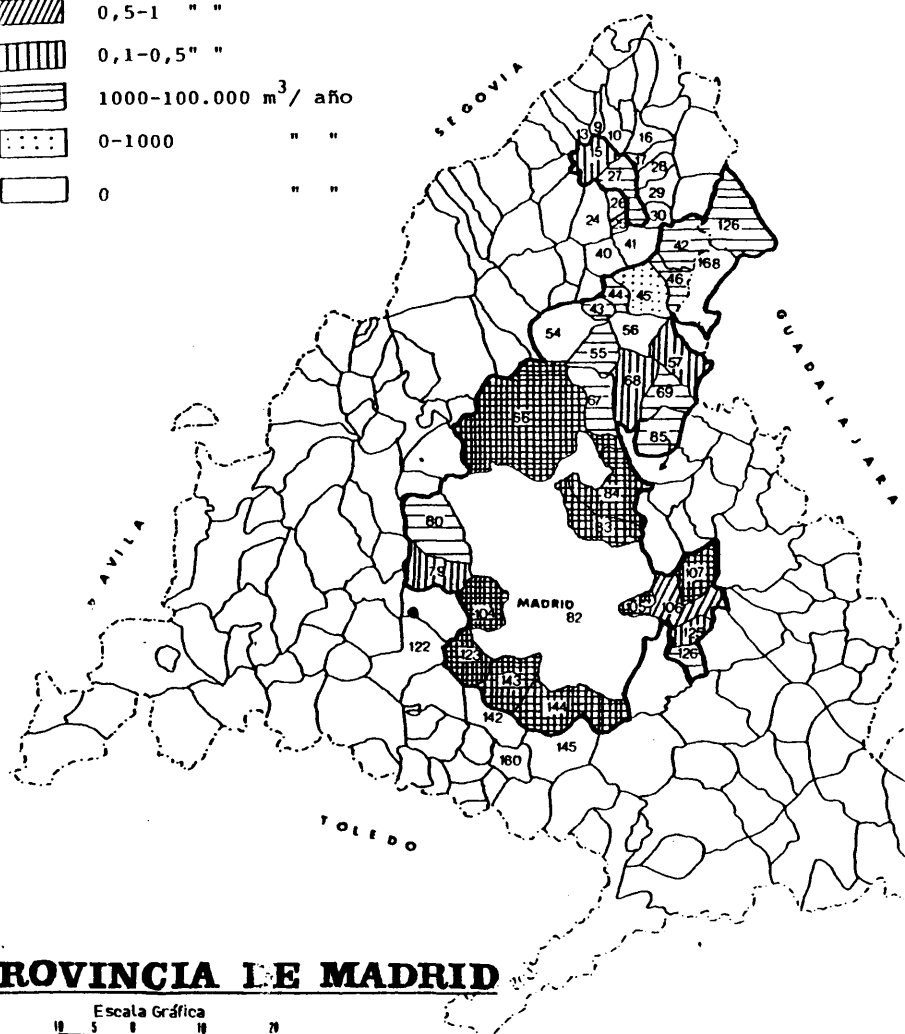
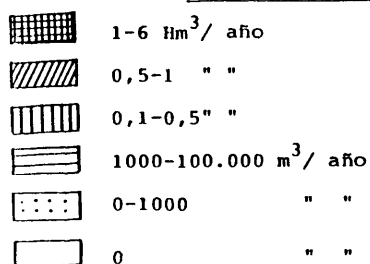
El tercer grupo lo forman los municipios abastecidos por el Canal en la zona E. madrileña que enlaza con el eje industrial del Henares. Los municipios mas importantes son Coslada, San Fernando y Torrejón de Ardoz. Mejorada y Velilla de San Antonio tienen una importancia secundaria, como se puede ver en los mapas 3 y 4. En definitiva Coslada y Torrejón son los de mayor consumo con 1,4 y 1,9 Hms<sup>3</sup>/año en 1.977. Son áreas residenciales de clase trabajadora con una potente industria que no se abastece en general de agua del Canal.

He de hacer notar que también el Canal abastece a la base aérea de Torrejón de Ardoz. El resto de los municipios son, por su importancia Majadahonda, al W. de Madrid y el Molar al N., que consumen entre 200 y 500.000 m<sup>3</sup>. El resto son municipios del area N. a caballo entre Madrid y Guadalajara con un gran número de municipios pequeños y deprimidos pero que no tienen gran peso específico en el consumo y que podemos asegurar que entre todos no llegarán al 5% del total de consumo domiciliario abastecido y facturado a los pueblos de la zona de influencia del Canal de Isabel II.

El consumo de agua industrial abastecida en el año 1.976 sigue la pauta espacial que marca la ciudad; esto es, los pueblos industriales se sitúan al S. de Madrid, Getafe y Leganés, en el eje primordial. Un segundo eje, como sucede en Madrid, estaría situado hacia el E. con los municipios de Coslada, San Fernando de Henares y Torrejón de Ardoz, que en este momento no se abastece de agua industrial del Canal de Isabel II. (mapas 5 y 6).

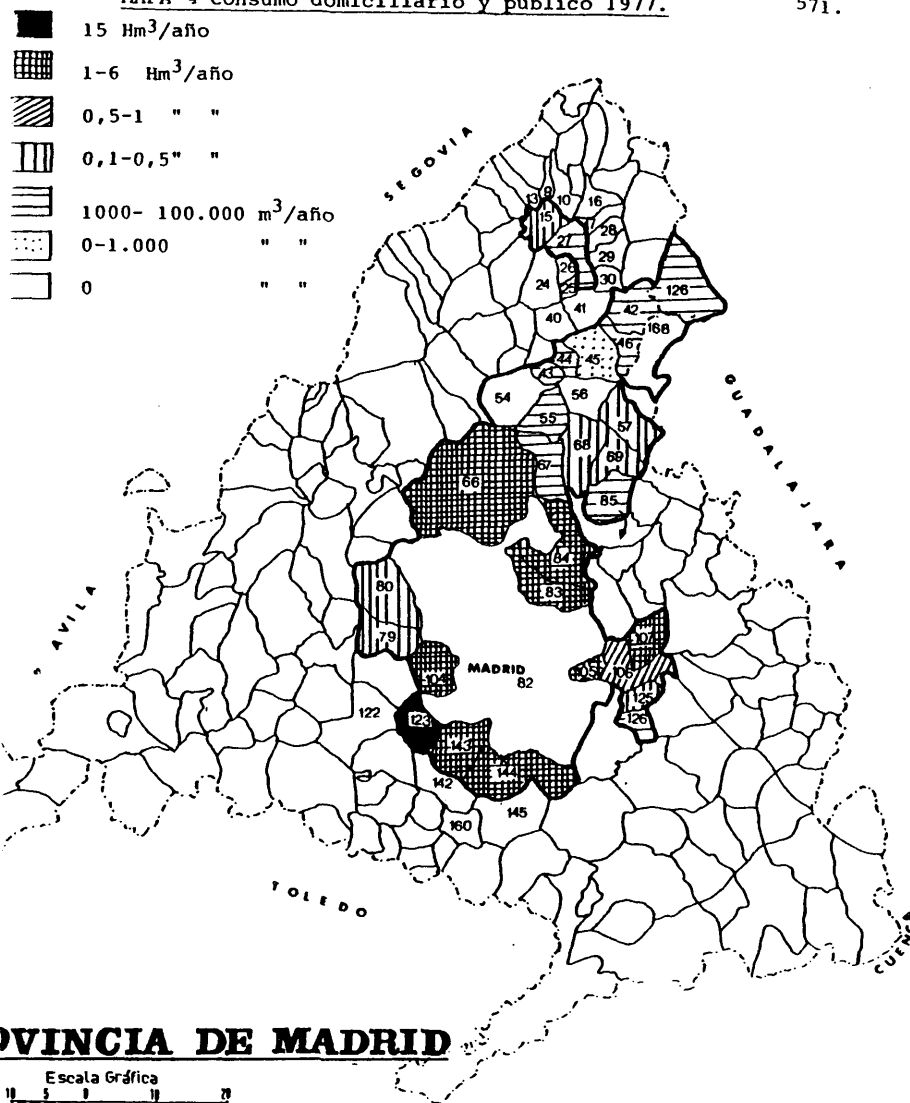
MAPA 3 Consumo domiciliario y público 1976.

570.



MAPA 4 Consumo domiciliario y público 1977.

571.



El tercer eje de importancia secundaria serie el situado al N. de Madrid con los municipios de Alcobendas, San Sebastián de los Reyes, Colmenar Viejo y San Agustín de Guadalix. Cuantitativamente, en 1.976 el eje Sur consume mas del 50% del agua industrial suministrada en la zona abastecida por el Canal, exluído Madrid que gasta 80 Hm<sup>3</sup> aproximadamente de agua para usos industriales y comerciales (según datos de facturación). En el año 1.977 la situación del consumo no ha variado practicamente en ninguno de los pueblos abastecidos por el Canal. Unicamente Alcobendas tiene una variación importante al pasar del millón de metros cúbicos y San Agustín de Guadalix que desciende de manera brusca, eso puede ser debido a un error en la mecanización de los datos. El resto permanece con un consumo estabilizado casi propio de una situación de crisis económica. Se puede apreciar en los mapas 5 y 6 cuales son los municipios industriales y su importancia cuantitativa por el consumo del agua. Vemos como los municipios del N. de la provincia de Madrid y Guadalajara apenas tienen industria, salvo El Vellón, que inexplicablemente consume todo el agua bajo el epígrafe de industrial, sin consumir agua domiciliaria. Creo que esto es un fallo de los datos o de programación, o un convenio especial por el que la tarifa sea distinta de la domiciliaria y se incluya en el título de industrial sin que aparezca una sola industria. Para insistir en el hecho geográfico de los municipios industriales dentro del area abastecida por el Canal he elaborado un sencillo índice mediante el que se puede apreciar la importancia del agua industrial en estos pueblos en relación con el consumo total.

Indice de consumo de agua industrial

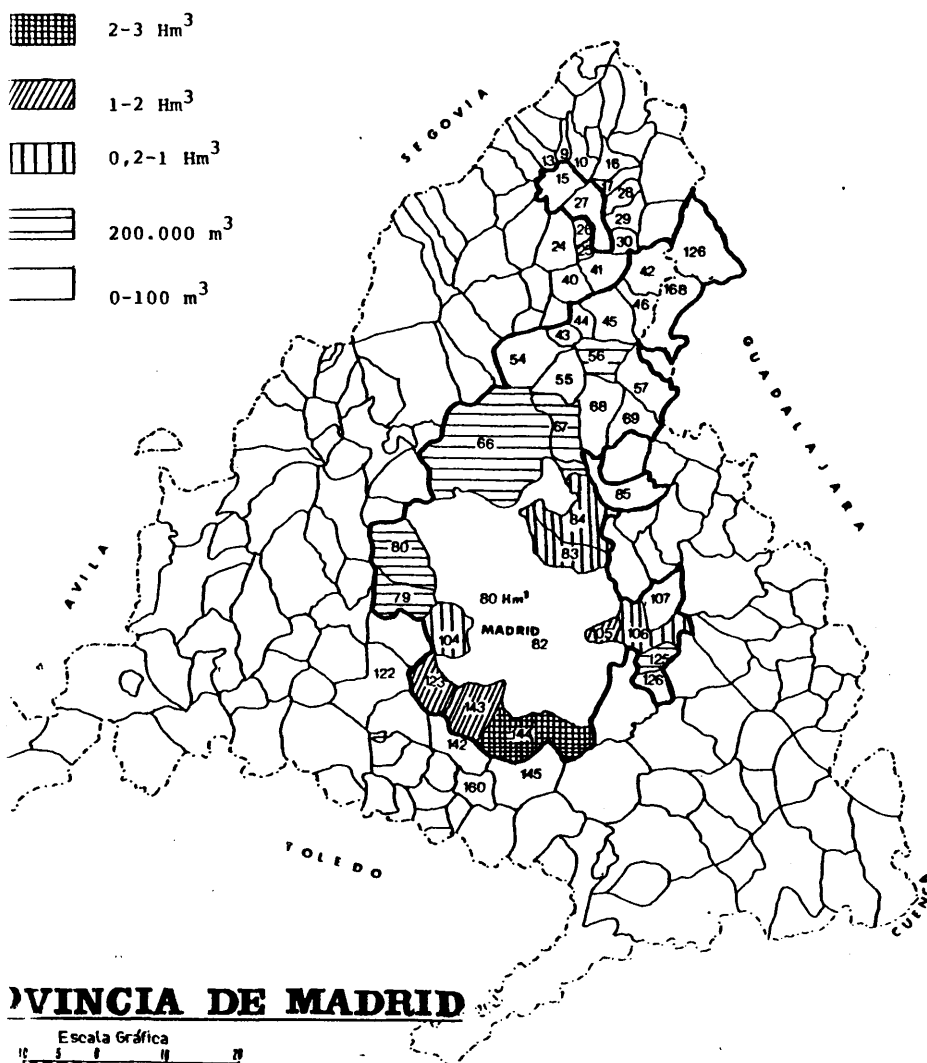
$$I_i = \frac{\frac{CDP}{CIC} + \frac{DT}{DIC}}{2}$$

Los valores del índice se ven reflejados en el cuadro 7 y mapa 7.



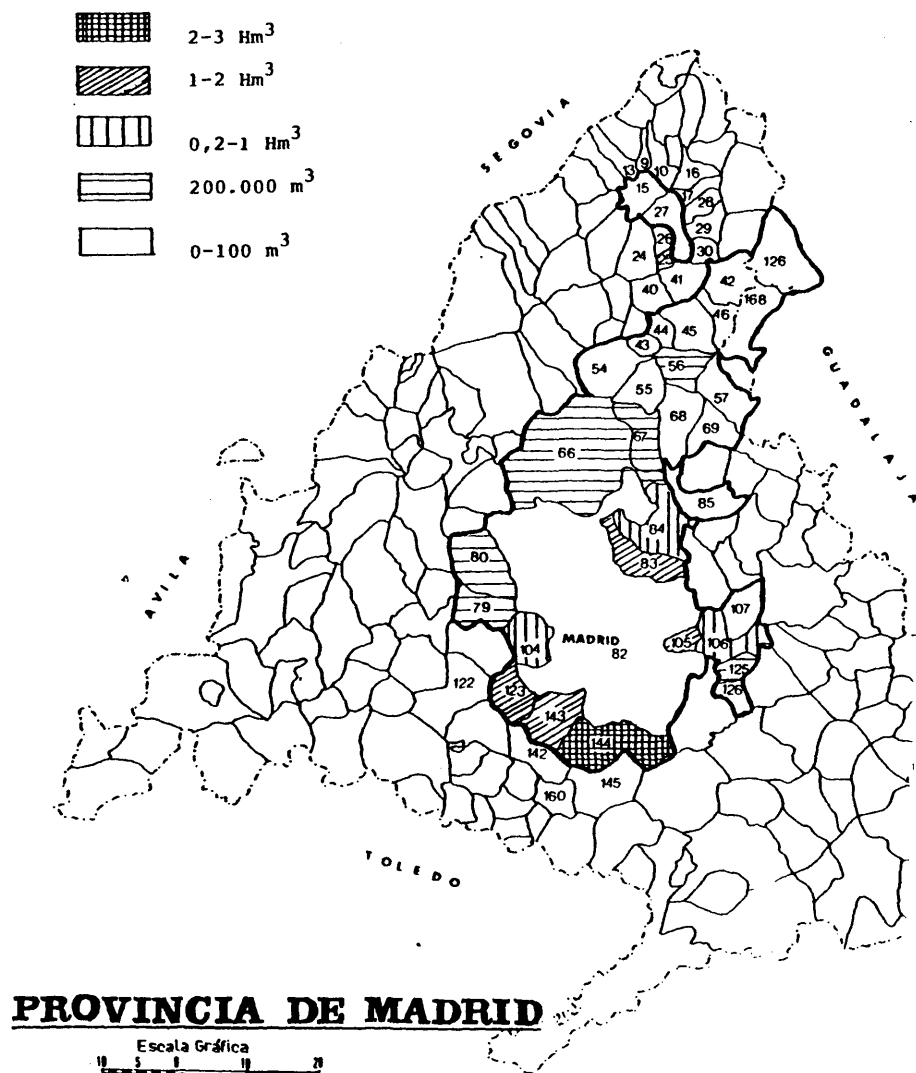
MAPA 5 Consumo de agua industrial y comercial en 1976

573.



MAPA 6 Consumo de agua industrial y comercial 1977.

574



siendo:

CDP = consumo domiciliario y público

CIC = consumo industrial y comercial

DT = dotación total

DIC = Dotación industrial y comercial.

Ii = índice de consumo de agua industrial.

Este índice no es mas que una media entre dos relaciones, las de domiciliario y público comparadas con la de industrial y comercial y por otro lado el total con el industrial y comercial.

Para matizar el aspecto industrial del consumo, he realizado una escala de actividad predominante entre los dos factores que predominan en los códigos del Canal que son la industria propiamente dicha y la construcción, esta relación viene expresada por una fracción. Cuadro7 .

Además he establecido una primera clasificación en base a límite de consumo industrial:

Grupo	índice	categoría
1	0-3	Municipio muy industrializado
2	3-6	Municipio con cierta actividad industrial
3	6-14	Municipio poco industrializado
4	14	Municipio cuyo consumo de agua es fundamentalmente el industrial.

- - - - -

Cuadro 5.

PUEBLOS ABASTECIDOS POR EL CANAL DE ISABEL II. 1.976. FACTURADO.

Pueblos	consumo m <sup>3</sup> /año			Población	dotación litros/hab. y día		
	domiciliario y público	industrial y comercial	total		domiciliario y público	industrial y comercial	total
Alcobendas	3.913.247	832.998	4.746.245	50.015	214,4	45,6	260
Alcorcón	5.213.372	1.780.974	6.994.346	112.493	127	43,3	170,3
Algete	72.630	-	72.630	2.379	83,6	-	83,6
Buitrago	137.819	-	137.819	1.016	371,6	-	371,6
Colmenar Viejo	1.514.378	43.305	1.557.683	15.950	260,1	7,4	267,5
Coslada	1.218.098	1.944.234	3.162.332	33.434	99,8	159,3	259,1
Getafe	5.157.719	2.455.176	7.612.895	116.523	121,2	57,7	178,9
Guadalix de la Sierra	-	-	-	1.323	-	-	-
Leganés	3.053.417	1.708.441	4.761.858	136.990	71,8	40,1	111,9
Majadahonda	315.261	101.440	416.701	9.964	866	27,9	114,5
Mejorada del Campo	240.231	20.309	260.540	3.901	168,7	14,2	182,9
El Molar	158.892	-	158.892	2.025	214,9	-	214,9
Pedrezuela	24.540	-	24.540	580	115,9	-	115,9
Pozuelo de Alarcón	2.225.185	425.526	2.650.711	23.480	259,6	49,6	309,2
Rozas de Madrid, Las	91.673	28.878	120.551	7.749	32,4	10,2	42,6
San Agustín de Guadalix	7.905	41.932	49.837	1.177	18,4	97,6	116
San Fernando de Henares	640.200	276.216	916.416	12.067	145,3	62,7	208
San Sebastián de los Reyes	1.223.220	224.400	1.447.620	27.339	122,5	22,5	145
Talamanca del Jarama	240.306	-	240.306	766	859,5	-	859,5
Torrejón de Ardoz	1.595.476	-	1.595.476	42.266	103,4	-	103,4
Torrelaguna	214	-	214	2.412	0,2	-	0,2
Torremocha	15.746	-	15.746	150	287,5	-	287,5
Valdetorres	84.377	-	84.377	947	244,1	-	244,1
Velilla de San Antonio	1.375	-	1.375	1.524	2,4	-	2,4
El Vellón	-	1.043	1.043	895	-	3,2	3,2
Venturada	10.375	-	10.375	117	242,9	-	242,9
Uceda (Guadalajara)	-	-	-	57	-	-	-
Valdepeñas de la Sierra (Gua.)	4.057	-	4.057	424	26,2	-	26,2
Otros (Manjirón, Patones, Redueña, etc.)	11.506	16	11.522	356	88,5	0,1	88,6
TOTAL	27.171.219	9.884.888	37.056.107	608.319	126,4	46,	172,4

Fuente: Datos de los pueblos de la zona de abastecimiento del Canal de Isabel II.

Pueblos	Consumo m <sup>3</sup> / año			dotación litros/h.y día			
	domiciliario y público	industrial y comercial	Total	Población	domiciliario y público	industrial y comercial	Total
Alcobendas	4.772.137	1.011.387	5.783.524	50.015	261,4	55,4	316,8
Alcorcón	15.520.291	1.756.517	17.276.808	112.493	378	42,7	420,7
Algite	23.597	-	23.597	2.379	26,9	-	26,9
Buitrago	195.225	-	195.225	1.016	526	-	526
Colmenar Viejo	1.369.979	53.513	1.423.492	15.950	235,3	9,2	244,5
Coslada	1.492.725	1.956.955	3.449.680	33.434	122,3	160,4	282,7
Getafe	5.278.159	2.331.755	7.608.912	116.523	124,1	54,8	178,9
Guadalix de la Sierra	-	-	-	1.323	-	-	-
Leganés	3.184.238	1.837.175	5.021.413	136.990	74,8	43,2	118
Majadahonda	451.780	91.588	543.368	9.964	124,2	25,1	149,3
Mejorada del Campo	324.683	25.872	350.555	3.901	228	18,1	246,1
El Molar	184.781	-	184.781	2.025	250	-	250
Pedrezuela	46.192	-	46.192	580	218	-	218
Pozuelo de Alarcón	2.465.224	651.886	3.117.110	23.480	287,6	76,1	363,7
Las Rozas de Madrid	148.836	40.099	188.935	7.749	52,6	14,1	66,7
San Agustín de Guadalix	7.117	515	7.632	1.177	16,5	1,2	17,7
San Fernando de Henares	690.734	282.669	973.403	12.067	156,8	64,2	221
San Sebastián de los Reyes	1.394.213	278.906	1.673.119	27.339	139,7	27,9	167,6
Talamanca del Jarama	266.202	-	266.202	766	952	-	952
Torrejón de Ardoz	1.948.216	-	1.948.216	42.266	126,2	-	126,2
Torrelaguna	186	-	186	2.412	0,2	-	0,2
Torremocha	6.876	-	6.876	150	125	-	125
Valdetorres	103.401	-	103.401	947	299	-	299
Velilla de San Antonio	1.090	-	1.090	1.524	2	-	2
El Vellón	-	1.419	1.419	895	-	4,3	4,3
Venturada	41.576	-	41.576	117	973,5	-	973,5
Uceda (Guadalajara)	-	-	-	57	-	-	-
Valdepeñas de la Sierra (Gu.)	1.065	-	1.065	424	6,8	-	6,8
Otros (Manjirón, Patones, Redueña, etc.)	4.486	68	4.554	356	34,5	0,5	35
TOTAL	39.923.009	10.320.324	50.243.333	608.319	185,8	48	233,8

Fuente: Canal de Isabel II, Programa Código Pueblo. 1.977.  
 INE. Padrón Municipal de Habitantes, 1.975. Elaboración propia. Error por defecto. Las dotaciones no son reales, son inferiores a la normal, primero porque son consumos facturados y segundo porque no se tienen en cuenta otros sistemas de abastecimiento, pozos, fuentes públicas de los Ayuntamientos, particulares, etc.

INDICE DE CONSUMO DE AGUA INDUSTRIAL EN LOS MUNICIPIOS ABASTECIDOS POR EL CANAL DE ISABEL II.1.977.

Municipios	Indice de consumo industrial	Actividad predominante (relación construcción-industria).
Alcobendas	5,22	Construcción/industria y comercio = 2/7
Alcorcón	9,35	Construcción/industria comercio = 1/3
Algete	-	-
Buitrago	-	-
Colmenar Viejo	26,09	Construcción
Coslada	1,26	Industria
Getafe	2,76	Industria
Guadalix de la Sierra	-	-
Leganes	2,23	Industria
Majadahonda	5,44	Construcción/industria y comercio = 7/2
Mejorada del Campo	13,08	Industria
El Molar	-	-
Pedrezuela	-	-
Pozuelo de Alarcón	4,28	Construcción/industria y comercio = 1,25/1
Rozas de Madrid, Las	4,23	Construcción/industria y comercio = 1/5
San Agustín de Guadalix	14,29	Industria
San Fernando de Henares	2,94	Construcción/industria = 1/7
San Sebastián de los Reyes	5,5	Construcción/industria = 1/3
Talamanca del Jarama	-	-
Torrejón de Ardoz	-	Otras fuentes y agua industrial
Torreaguna	-	-
Torremocha	-	-
Valdetorres	-	-
Velilla de San Antonio	-	-
El Vellón	0,5	Industria ?.
Venturada	-	-
Uceda (Guadalajara)	-	-
Valdepeñas de la Sierra (Gu.)	-	-
Otros	67,99	-

578.

Fuente: Canal de Isabel II. Código Pueblo. Elaboración Personal.

De este modo podemos establecer una clasificación dentro de la zona abastecida por el Canal de municipios industriales en cuanto a su consumo de agua. El primer grupo en el que hemos dividido el área es el de municipios industriales que comprende los siguientes:

Municipio	Consumo industrial m <sup>3</sup> año	Ii	actividad predominante
Coslada	1.956.955	1,26	industria
Getafe	2.331.755	2,76	industria
Leganés	1.837.175	2,23	Industria
San Fernando	690.734	2,94	C/I = 1/7
El Vellón	1.419	0,5	Industria?

En este epígrafe podríamos incluir el municipio de Torrejón de Ardoz, pero al no tener éste desglosado el consumo en epígrafes, domiciliario, público, e industrial y además al utilizar otro sistema de abastecimiento de agua industrial he preferido no citarlo.

Se aprecia que la ubicación de estos municipios forma parte de los ejes industriales más importantes de la provincia de Madrid, el eje sur en el que aparecen Getafe y Leganés, y el Este, donde se hallan Coslada y San Fernando. Tan sólo existe un municipio en el eje norte, El Vellón, para mi no es mas que un posible error de mecanización, como ya he dicho anteriormente, o bien, y como única explicación racional <sup>puede</sup> quedar idea del consumo que aparece en los datos es una industria de productos cárnicos y embutidos establecida en el término municipal.

La actividad predominante en todos ellos es la industrial, casi al 100/% en los municipios de Coslada, Getafe, Leganés y El Vellón. Únicamente en San Fernando aparece la construcción en una pequeña proporción.

Entre los municipios en los que aparece cierta actividad industrial se pueden citar los siguientes:

Municipios	Consumo industrial m <sup>3</sup> año	Ii	actividad predominante
Alcobendas	1.011.387	5,22	construcción/industria = 2/7
Majadahonda	91.588	5,44	construcción/industria = 7/2
Pozuelo	651.886	4,28	construcción/industria = 1,25/1
Las Rozas	40.099	4,23	construcción/industria = 1/5
San Sebastián de los Reyes	278.906	5,5	construcción/industria = 1/3

Como se puede apreciar, incluir en este epígrafe pueblos como Las Rozas, Majadahonda y Pozuelo, no deja de ser un contrasentido, pero examinando cada una de las características por separado se observa la poca importancia que tiene la industria propiamente dicha y la relativa fuerza que tienen otros sectores incluidos en epígrafes industriales.

En Majadahonda la relación agua para la construcción y agua para la industria es de 7 a 2, con una cantidad anual de consumo industrial exigua. En Pozuelo la cantidad de agua industrial consumida es mayor y la relación de actividad predominante es ligeramente superior en el sector de la construcción, pero Pozuelo tiene un comercio de cierta consideración que hace descender el valor total del consumo de agua industrial propiamente dicho. La Rozas es similar al anterior con muy poco consumo y cierta importancia del sector industrial en cuanto a actividad predominante, pero creo que es mas el consumo comercial y de servicios en función de la carretera de La Coruña que un consumo de agua industrial propiamente dicho. Además Majadahonda y Las Rozas, están abastecidos también por el consorcio que abastece a los pueblos de la Sierra, por lo que su consumo y dotación son mayores que los expresados aquí.

De modo que los municipios industriales son en definitiva Alcobendas y San Sebastián de los Reyes en el tercer eje industrial importante de la provincia en Madrid, el eje Norte.



Especialmente Alcobendas que si bien tiene índice de consumo industrial menor es porque como ciudad dormitorio de cierta categoría tiene un consumo domiciliario bastante elevado. Incluso en la relación construcción/industria se ve que el cociente es de 2 a 7. San Sebastián de los Reyes, participa de las mismas características pero en menor cuantía pues to que en su lejanía respecto a Madrid es mayor. Entre los municipios poco industrializados están:

Municipios	Consumo industrial m <sup>3</sup> año	Ii	actividad predominante
Alcorcón	1.756.517	9,35	construcción/industria = 1/3
Mejorada del Campo	25.872	13,08	Industria
S. Agustín de Guadalix	515	14,29	Industria

Aunque la cantidad de consumo de agua es muy elevada en Alcorcón, se puede decir que no es un municipio industrial porque la relación de su consumo con el total es mínima y porque además la construcción tiene un peso específico importante en el total del consumo industrial. Estas observaciones han sido confirmadas verbalmente por M.J. Aguilera ( 4 ), que en su tesis doctoral <sup>sobre</sup> Alcorcón hace ver la trascendencia del municipio como ciudad-dormitorio de Madrid y la poca importancia relativa de los dos polígonos industriales existentes.

Mejorada y San Agustín, son dos municipios a los que está llegando la onda expansiva de Madrid, o por decirlo mejor, el efecto difusor que como centro urbano ejerce nuestra ciudad, de forma que van pasando de ser municipios agrícolas a núcleos residenciales dormitorio y zona industrial de menor importancia. San Agustín, por ejemplo, participa del eje industrial del Norte y Mejorada del Campo del eje Este o del Henares. Sin embargo y salvo que dispongan de otros recursos hídricos para usos industriales que no sean los del Canal, hasta la fe

MAPA 7 Municipios industriales por el consumo de agua abastecido por el Canal de Isabel II.



1 INDUSTRIALES



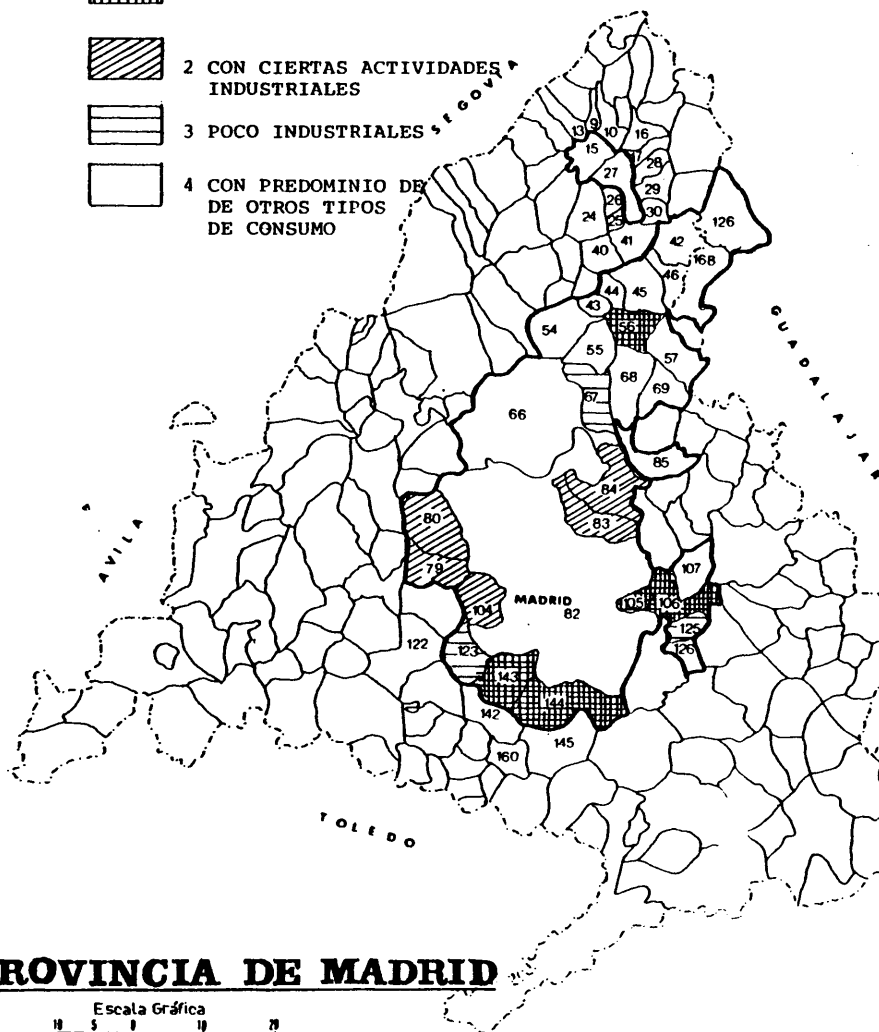
2 CON CIERTAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES



3 POCO INDUSTRIALES



4 CON PREDOMINIO DE OTROS TIPOS DE CONSUMO



cha son mas bien zonas rururbanas en las que no está definida ninguna variable. Quizá en Mejorada quede mas patente el aspecto de ciudad-dormitorio. En el resto de los municipios se puede decir que el agua que consumen es para usos no industriales. Son los municipios del norte de la provincia, fundamentalmente dedicados a actividades primarias, agrarias, o bien a usos de residencias secundarias pero no muy desarrollados. Este hecho viene marcado por la normativa legal del Area Metropolitana que impide la localización de industrias en el Norte y Oeste de la provincia.(6)

La dotación domiciliaria y pública, como reflejan los mapas 8 y 9, tiene las características siguientes:

1°.- El conjunto de los pueblos abastecidos por el Canal de Isabel II tiene una dotación media sin ponderar inferior a la media general.

2°.- Pozuelo de Alarcón es un municipio de urbanización reciente con jardines y su proximidad a Madrid hace que la dotación sea elevada.

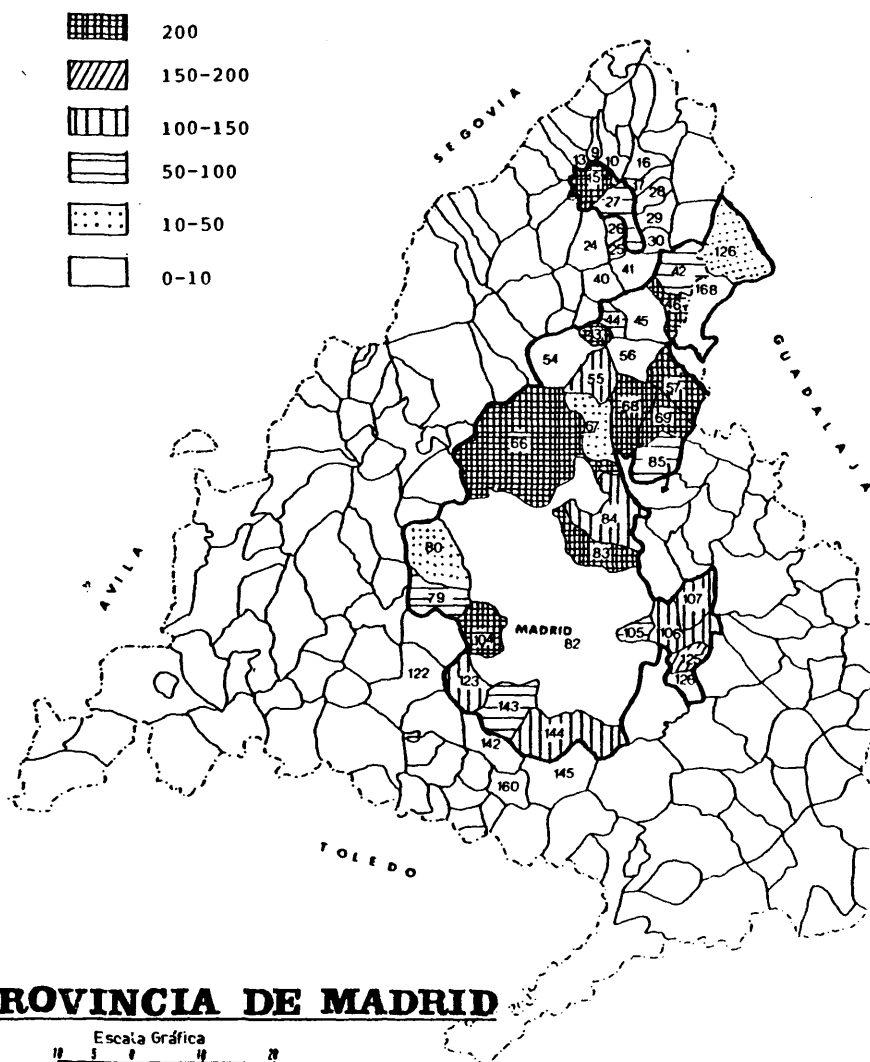
3°.- Los pueblos situados al Sur de la ciudad tienen dotaciones domiciliarias menores, por el número de habitantes que es considerablemente elevado, como Getafe y Leganés.

4°.- Los pueblos del Norte tienen en general buenas dotaciones con tendencia a ser bastante altas los cercanos a la capital y menores a medida que nos alejamos.

5°.- Los pueblos del Este tienen en general dotaciones inferiores aunque la tendencia es a que se acerquen e incluso superen la media.

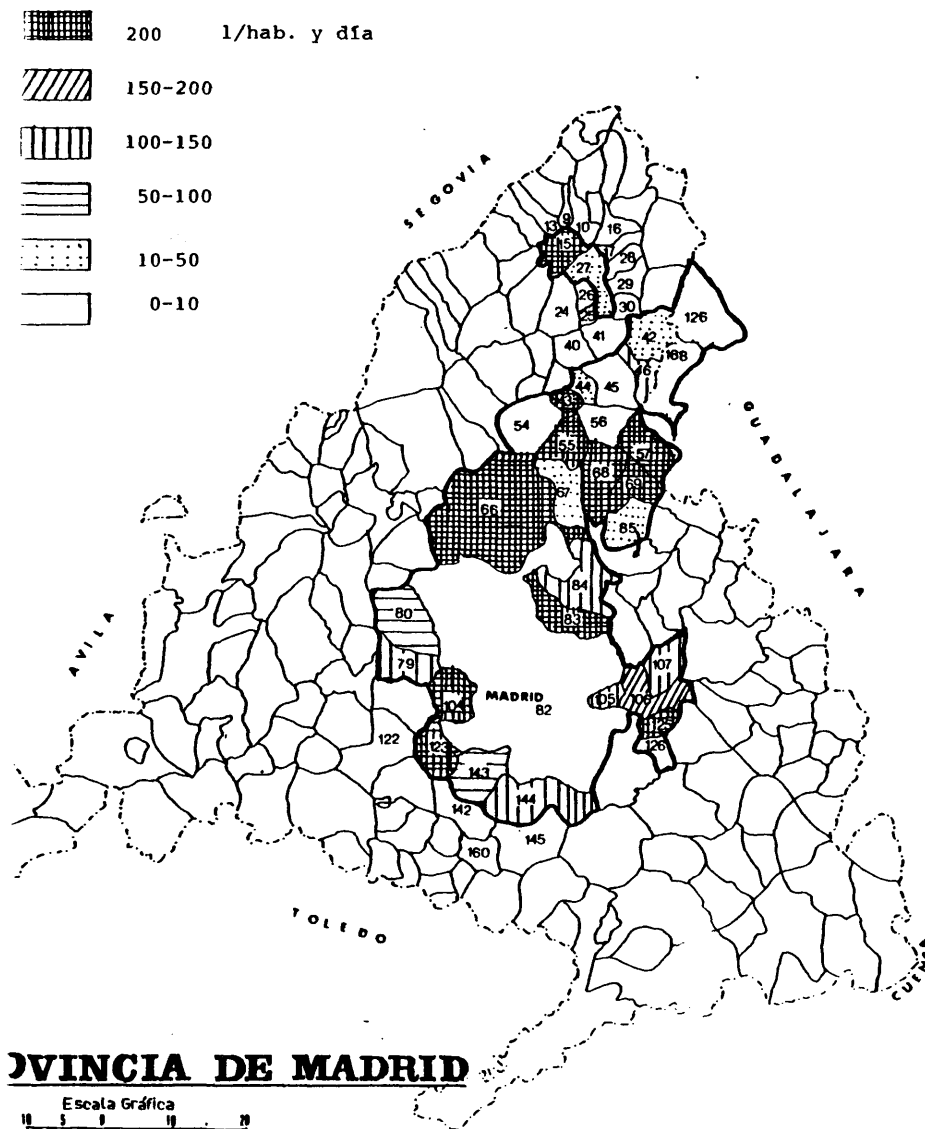
Hay que tener en cuenta siempre que son consumos facturados por el Canal, por lo que estas características son aproximaciones, ya que es posible que existan otros sistemas de abastecimiento y conciertos que hagan aumentar la dota-

584.  
 MAPA 8 Dotación domiciliaria y pública 1976.l/hab. y día.



MAPA 9 Dotación domiciliaria y pública 1977.

585.



ción y el consumo. En relación a la evolución entre los años 1.976 y 77, se apreciaba como en los pueblos del Este y Oeste aumenta el consumo mientras que en los del sur permanece estabilizado. Los municipios del norte cercanos a la ciudad aumentan el consumo, en relación al aumento de la población, mientras que los del Norte mas alejados disminuyen en razón directa a la emigración que sufren. Alcorcón crece de forma significativa entre los dos años, pues entran en funcionamiento las mejoras realizadas en la red de abastecimiento dentro de una parte del municipio.

Por lo que se refiere a la jerarquía de la dotación en los municipios abastecidos por el Canal de Isabel II en 1.977 se pueden establecer las siguientes consideraciones.

Existe un grupo de municipios con un escaso consumo facturado, lo que hace que las dotaciones sean muy bajas y en cierto modo estarían por debajo de lo que podríamos definir como curva normal de rango-dotación. Son los municipios que tienen una dotación inferior a 50 l./hab. y día. La explicación de este hecho puede estar en que pertenece en su mayor parte a la sierra pobre madrileña, como se puede apreciar en el cuadro 8, que indica una falta de servicios y un subdesarrollo importante, dándose la paradoja de que es la zona productora de agua y carece de buena infraestructura. Un segundo grupo mantiene la tónica del anterior, de estar por debajo de los valores normales, mientras que el grupo siguiente hasta 600 l./hab. y día, se ajusta de forma bastante real a la curva normal. Para, por último, volverse a desestabilizar y a aparecer un nuevo grupo que mantiene valores exageradamente elevados. En definitiva tendremos un conjunto de municipios en el que el rasgo predominante es la desigualdad y desequilibrio; por un lado municipios con poca dotación en función del agua facturada, con rango superior al que deberían tener, que llega hasta 50 l./hab. día, y un segundo grupo de 50 a 600, que se mantienen dentro de unos valores normales, y por último un tercer gru-

587.

po que jerarquiza al resto de manera inexplicable, ya que son municipios que no tienen gran consumo, pero si fuerte dotación, aunque Venturada, por ejemplo, quizá tenga una explicación en la localización dentro de su término de una zona de segunda residencia. (Gráfico 1 ).

Algo similar ocurre en la jerarquía del consumo en  $m^3/año$  por municipio; aparecen valores mas altos que el rango real en los primeros tramos, normales entre dos y doce millones de metros cúbicos es decir paralelos a la recta normal, para volver a tener de nuevo valores por encima de los normales en el último intervalo. Gráfico 2 y cuadro 9 .

## CUADRO 8

JERARQUIA DE LA DOTACION TOTAL EN LOS MUNICIPIOS ABASTECIDOS  
POR EL CANAL DE ISABEL II.

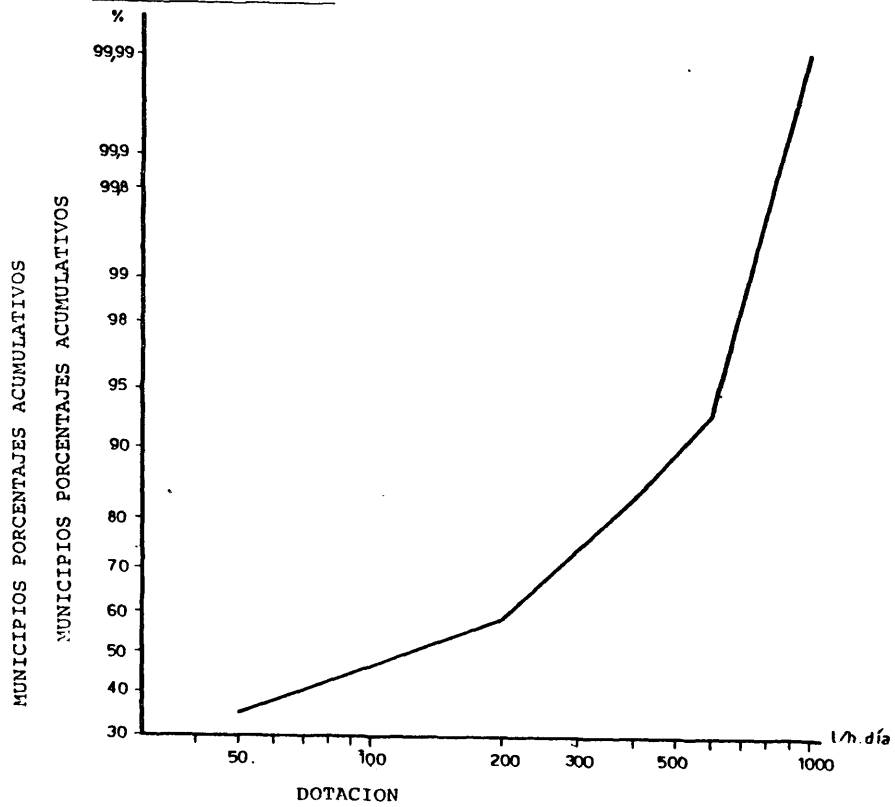
Municipios	dotación l/hab./día	rango
Uceda	0	31
Guadalix	0	30
Torrelaguna	0,2	29
Velilla de S. Antonio	2	28
El Vellón	4,3	27
Valdepeñas de la Sierra	6,8	26
San Agustín de Guadalix	17,7	25
Algete	26,9	24
Otros (Manjirón		23
Patones		22
Redueña , etc.)	35	21
Las Rozas	66,7	20
Leganés	118	19
Torremocha	125	18
Torrejón de Ardoz	126,2	17
Majadahonda	149,3	16
San Sebastián de los Reyes	167,6	15
Getafe	178,9	14
Pedrezuela	218	13
San Fernando	221	12
Colmenar Viejo	244,5	11
Mejorada	246,1	10
El Molar	250	9
Coslada	282	8
Valdetorres	299	7
Alcobendas	316,8	6
Pozuelo	363,7	5
Alcorcón	420,7	4
Buitrago	526	3
Talamanca	952	2
Venturada	973	1

Fuente: Elaboración propia



GRAFICO 1

JERARQUIA DE LA DOTACION EN LOS PUEBLOS ABASTECIDOS POR EL  
CANAL DE ISABEL II.



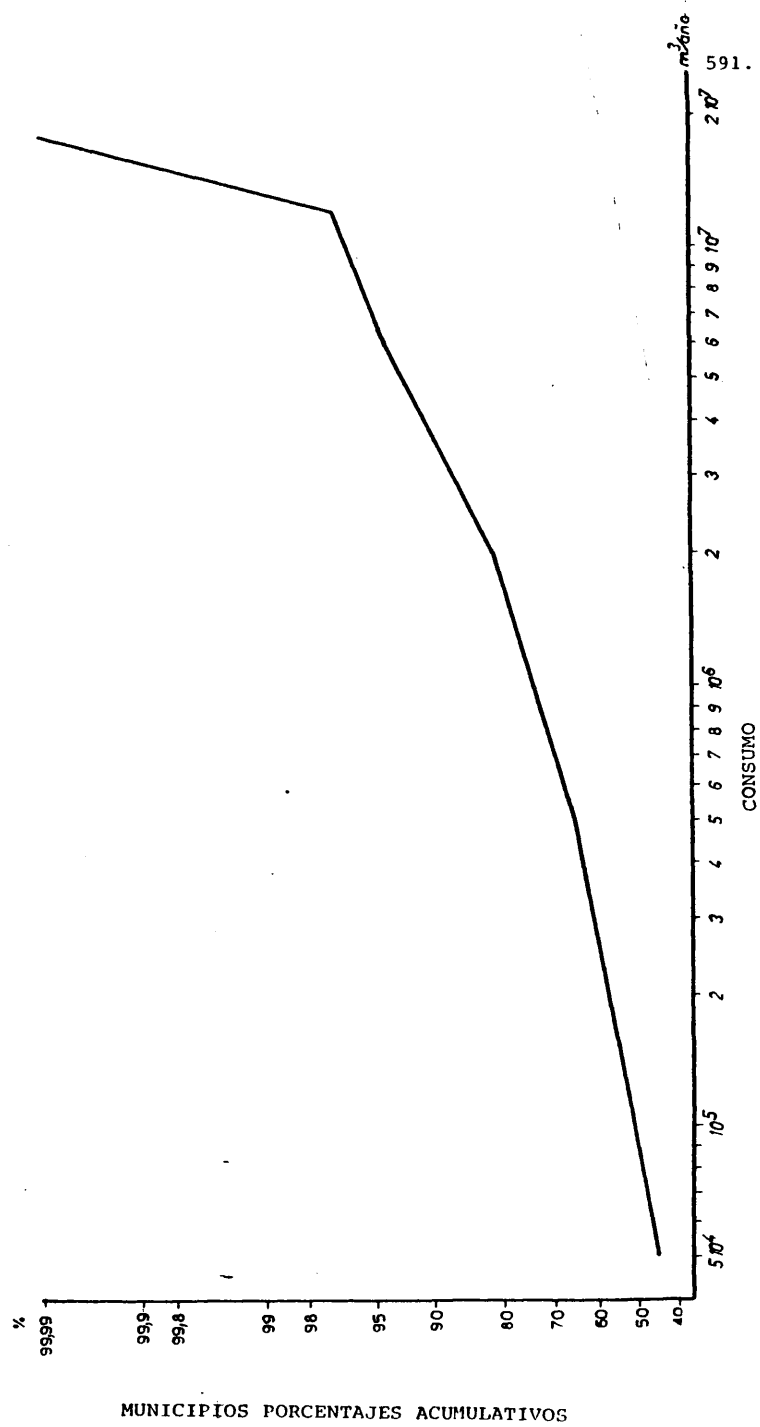
## CUADRO 9

JERARQUIA DEL CONSUMO FACTURADO DE AGUA EN LOS MUNICIPIOS  
ABASTECIDOS POR EL CANAL DE ISABEL II.

Municipios	Consumo m <sup>3</sup> /año	rango
Guadalix	0	31
Uceda	0	30
Torrelaguna	186	29
Valdepeñas de la Sierra	1.065	28
El Vellón	1.419	26
Velilla de S. Antonio	1.090	27
Otros (Manjirón	-	25
Patones	-	24
Redueña, etc.)	4.554	23
Torremocha	6.876	22
S. Agustín de G.	7.632	21
Algete	23.597	20
Venturada	41.576	19
Pedrezuela	46.192	18
Valdetorres	103.401	17
El Molar	184.781	16
Las Rozas de M.	188.935	15
Buitrago	195.225	14
Talamanca	226.202	13
Mejorada del Campo	350.555	12
Majadahonda	543.368	11
San Fernando de H.	973.403	10
Colmenar Viejo	1.423.492	9
San Sebastian de R.	1.673.119	8
Torrejón de Ardoz	1.948.216	7
Pozuelo de Alarcón	3.117.110	6
Coslada	3.449.680	5
Leganés	5.021.413	4
Alcobendas	5.783.524	3
Getafe	7.608.812	2
Alcorcón	17.276.808	1

Fuente: Elaboración propia.

GRAFICO 2  
JERARQUIA DEL CONSUMO EN LOS PUEBLOS ABASTECIDOS  
POR EL CAJAL DE ISABEL II.



He establecido una ecuación que hiciese corresponder los valores de la dotación y los de la población con los del consumo y ha resultado el plano de regresión múltiple:

$z = -408.835,54 + 1.813x + 86y$ , donde "z" es el consumo total facturado en  $m^3/año$  "y" es la población, y "x" la dotación en litros por habitante y día. Esta fórmula es una primera aproximación que no resulta válida debido al importante error de partida, porque los datos introducidos en el consumo son los de facturación, de forma que he tenido que realizar una nueva aproximación. El primer cálculo que establecí para llegar a un nuevo plano de correlación múltiple lineal fue el de el consumo actual posible, es decir, una hipótesis de consumo actual. Para lo cual he sumado al consumo facturado por el Canal, el 25% del total consumido, es decir, he multiplicado el consumo actual facturado por 100 y lo he dividido por 75, el valor resultante se lo he añadido al consumo facturado. ¿Por qué el 25%?. Porque en el año 77 el consumo no facturado y abastecido se acerca mucho a este porcentaje: siendo el 76,57% facturado, por tanto, 23,43% no facturado. Estos valores los he utilizado en aquellos municipios, que no expresaban un consumo anterior (1.966) distinto al del Canal, o que claramente especificaban en el Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamientos un abastecimiento por parte del Canal.

Ahorabien, existen municipios que tenían en 1.966 otra fuente de abastecimiento de agua, en este caso opté por añadir a la cantidad que abastece el Canal en 1.977, la que abastecía o podía abastecer el otro tipo de recurso hídrico, fuente, pozo o manantial en 1.966. Y esto lo hice porque me consta que en bastantes municipios abastecidos por el Canal sigue funcionando otro sistema de abastecimiento, que o bien surte a urbanizaciones, o bien a zonas y polígonos industriales.

Una vez que hemos calculado consumos actuales posibles, calculo la dotación en función de la población. (cuadro n°10)

CUADRO N° 10 APROXIMACION HIPOTETICA AL CONSUMO REAL Y A LA DOTACION TOTAL DE LOS PUEBLOS ABASTECIDOS POR EL CANAL DE ISABEL II EN 1.977. (\*)

Pueblos y forma de abastecimiento anterior	Consumo actual posible m <sup>3</sup> /año "z"	Población hab."y"	dotación total actual "x" l./hab. y día
Alcobendas (Canal)	6.045.229	50.015	342,1
Alcorcón (pozo y mant.)	17.356.013	112.493	422,7
Algete	83.457	2.379	96,1
Buitrago	260.300	1.016	701,9
Colmenar V. (Canal)	1.944.347	15.950	333,9
Coslada (pozo)	3.537.280	33.434	289,86
Getafe (Canal, pozos)	9.388.187	116.523	220,7
Guadalix (manantial)	78.110	1.323	161,7
Leganés (Canal-pozos)	5.532.413	136.990	110,6
Majadahonda (pozo)	837.923	9.964	230,4
Mejorada del C. (pozo)	476.945	3.901	333,8
El Molar	246.347	2.025	333,3
Pedrezuela (Embalse)	66.997	580	316,4
Pozuelo de A. (pozos)	3.482.110	23.480	406,3
Las Rozas (pozo)	480.935	7.749	170
San Agustín de G.	27.342	1.177	63,64
San Fernando de H. (pozo)	1.148.603	12.067	260,7
S. Sebastián de los R.	2.230.825	27.339	223,5
Talamanca del Jarama	354.936	766	1.269,4
Torrejón de A. (río)	2.433.666	42.266	157,7
Torrelaguna	136.696	2.412	155,2
Torremocha	9.168	150	167,4
Valdetorres	137.868	947	398,8
Velilla de S.A. (río)	35.765	1.524	64,3
El Vellón	29.159	895	89,2
Venturada (embalse)	41.576	117	973,5
Uceda (Gu.) (río)	23.725	57	1.140,3
Valdepeñas de la S. (Gu.)	21.140	424	136,6
Otros	12.219	356	94,04
Total	56.459.208	608.319	254,2

Fuentes: Canal de Isabel II. Código Pueblo, 1.977.  
Plan Nacional de Abastecimientos y Saneamientos. (M.O.P. 1.966)  
I.N.E. Padrón Municipal de Habitantes 1.975.  
Elaboración propia.

(\*) Estos datos son el resultado de añadir al consumo de agua de los pueblos en 1.977 el 25% del total en ese año, o el consumo anterior a 1.966 en los pueblos que tenían otra fuente de abastecimiento según el P.N.A.S. para completar el consumo y corregir el dato no facturado.

Una vez que he realizado estos cálculos de la dotación actual total posible los ajusté a un plano de regresión múltiple con el siguiente resultado:

$$z = -225.785,47 + 1.107,99x + 85,97 y$$

con un coeficiente de correlación múltiple lineal

$r = 0,86$ , que indica la bondad del ajuste.

Este plano puede servir como base para primeras aproximaciones prospectivas en los cálculos de dotaciones reales posibles, en un espacio o región en el que los recursos hídricos puedan tener características similares.

Es decir, utilizaremos el plano de regresión para ver la cantidad de consumo posible en función del consumo, la dotación y la población de los pueblos de un espacio geográfico delimitado como la zona abastecida por el Canal y que tiene unas características similares a los pueblos que van a ser abastecidos en un futuro próximo por el Canal de Isabel II.

Otro procedimiento, empleado con bastante aproximación es el de C.H. CAPEN y recogido y modificado por el IV Plan de Desarrollo que relaciona población y dotación con la fórmula:

$$D = K \cdot P^{0,125}$$

donde P es la población en miles de habitantes, K es un coeficiente en función del lugar y del tiempo y D es la dotación en l./hab. día. El coeficiente K se puede obtener de una determinada zona, calculando la media de los K parciales y se le puede hacer variar en el tiempo:

Por ejemplo, multiplicando K por C, siendo éste un porcentaje acumulativo en n años. Si se parte que la dotación aumenta el x% acumulativo en n años, pero sólo el 70% del valor total de la dotación, mientras el 30% de ésta permanece estancada, C sería igual a el 30% mas el 70% multiplicado por 100

mas  $x$  elevado a  $n$ , es decir,

$$C = 0,3 + 0,7 (100 + x)^n$$

Con los datos hipotéticos reales de la dotación el coeficiente  $K$  de los pueblos abastecidos por el canal, excluido Madrid, es  $K = 323,4$ , que es bastante alto comparado con el valor que dan para las ciudades europeas, EDES y el Ministerio de Planificación del Desarrollo(6) en 1.970, que es  $K = 130,6$  superior incluso al que estas mismas fuentes dan para 1.980 que es  $K = 190$ .

Sin embargo, con los valores de la dotación total obtenida de los datos de facturación el coeficiente  $K$  resulta menor:  $K = 208,57$  para los pueblos abastecidos por el Canal. Como veremos mas adelante las prospecciones mas reales o las mas adecuadas, quizá sean las que se obtienen con este último coeficiente, porque tanto el plano de regresión da valores con tendencia a ser mínimos y poco centrados, es decir, con mucha dispersión, como los datos conseguidos a partir del coeficiente  $K$  con valores de dotación hipotéticos, que tienen tendencia a ser muy elevados, tienen unos valores que no coinciden con los datos empíricos similares. En base a la fórmula de CAPEN, se pueden hacer prospecciones para averiguar en un futuro próximo, 1.995, la dotación del área abastecida por el Canal, y es casi seguro que no se cumplirán las previsiones del Plan Nacional de Abastecimientos y Saneamientos que da la cifra de dotación futura de 800 l/hab. y día para ciudades de más de 250.000 habitantes.

CALCULO DEL COEFICIENTE K DE CAPEN BASADO EN LA DOTACION  
HIPOTETICA TOTAL

Municipios	Dotación hipo- tética total	Población mi- les de hab.	"K"
Alcobendas	342,1	50,015	209,88
Alcorcón	422,7	112,493	234,83
Algete	96,1	2,379	86,58
Buitrago	701,9	1,016	701,9
Colmenar Viejo	333,9	15,950	236,81
Coslada	289,8	33,434	186,97
Getafe	220,7	116,523	121,93
Guadalix	161,7	1,323	155,48
Leganés	110,6	136,990	59,78
Majadahonda	230,4	9,964	173,23
Mejorada del C.	333,8	3,901	280,50
El Molar	333,3	2,025	303,0
Pedrezuela	316,4	0,580	340,22
Pozuelo	406,3	23,480	274,53
Las Rozas	170,0	7,747	131,78
San Agustín de G.	63,64	1,177	62,39
S. Fernando de H.	260,7	12,067	190,29
S. Sebastián de R.	223,5	27,339	148,01
Talamanca del J.	1.269,4	0,766	1.308,66
Torrejón de Ardoz	157,7	42,266	98,56
Torrelaguna	155,2	2,412	138,57
Torremocha	167,4	0,15	211,9
Valdetorres	398,8	0,947	402,83
Velilla de S.A.	64,3	1,524	61,24
El Vellón	89,2	0,895	90,1
Venturada	973,5	0,117	1.280,92
Uceda (Gu.)	1.140,3	0,057	1.629,0
Valdepeñas (Gu.)	136,6	0,424	151,78
Otros	94,04	0,356	106,86
Media	333,24	-	323,4
Desviación típica	399,12	309,74	-

Fuente: Elaboración propia.

La dotación total del área abastecida por El Canal en función de los 423 millones de metros cúbicos/año y la población de 3,8 millones de habitantes es de 315 litros/hab. y día, compárese con la dotación media que sale en este cuadro que es de 333,24 litros/hab. y día



CALCULO DEL COEFICIENTE K DE KAPEN BASADO EN LA DOTACION FAC-  
TURADA.

Municipios	Dotación fac- turada total	Población mi- les de hab.	"K"
Alcobendas	316,8	50,015	194,36
Alcorcón	420,7	112,493	233,72
Algete	26,9	2,379	24,23
Buitrago	526,0	1,016	526,0
Colmenar Viejo	244,5	15,950	72,99
Coslada	282,7	33,434	182,39
Getafe	178,9	116,523	98,84
Leganés	118	136,990	63,78
Majadahonda	149,3	9,964	112,26
Mejorada del Campo	246,1	3,901	216,81
El Molar	250	2,025	229,36
Pedrezuela	218	0,580	234,41
Pozuelo de Alarcón	363,7	23,480	245,74
Las Rozas	66,7	7,749	51,71
San Agustín de G.	17,7	1,177	17,35
San Fernando de H.	221	12,067	161,31
San Sebastián de los R.	167,6	27,339	110,99
Talamanca del J.	952	0,766	981,44
Torrejón de Ardoz	126,2	42,266	78,88
Torrelaguna	0,2	2,412	0,18
Torremocha	125	0,15	158,23
Valdetorres	299	0,947	302,02
Velilla de S.A.	2	1,524	1,9
El Vellón	4,3	0,895	4,34
Venturada	973,5	0,117	1.280,92
Valdepeñas de la S.	6,8	0,424	7,56
Otros	35	0,356	39,77
Media	-	-	208,57

Fuente: Elaboración propia

NOTAS 4.1.2

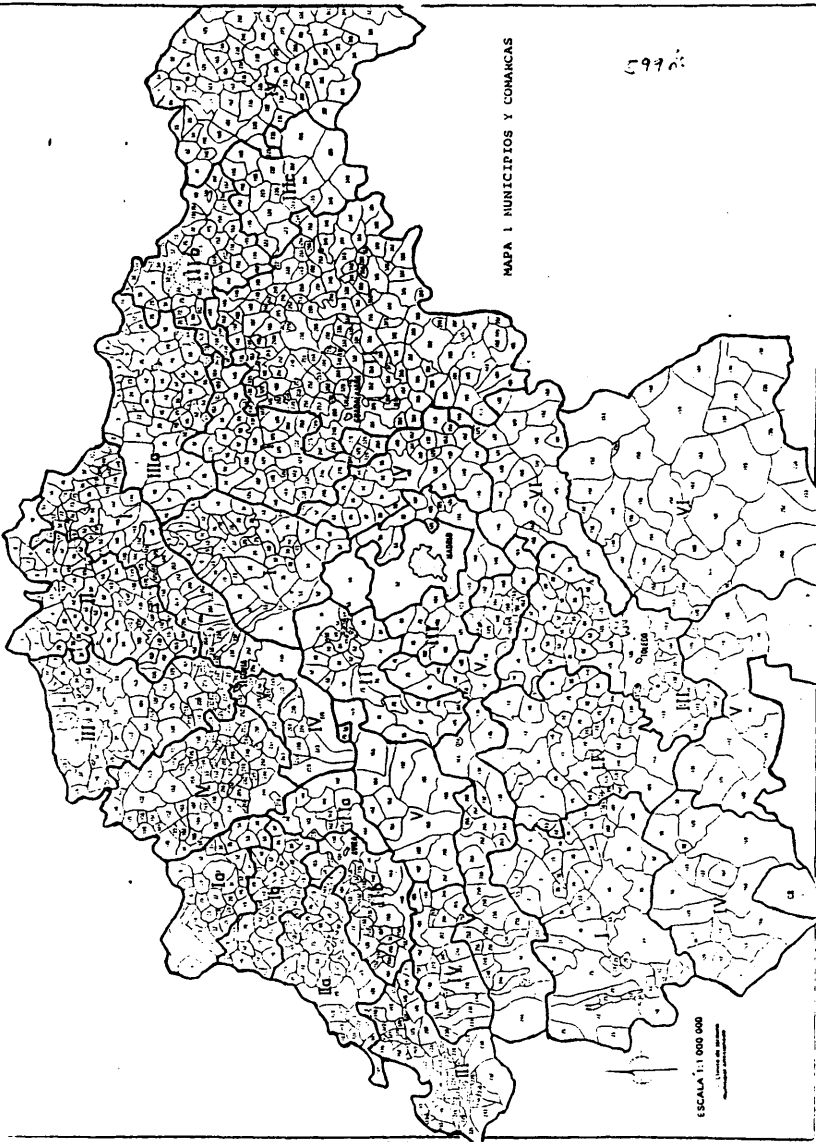
- (1) Diario ABC 3 de mayo de 1.979.
- (2) Canal de Isabel Segunda, Memoria 1.977
- (3) Revista Ciudadano. Agosto 1.979.
- (4) Aguilera Arilla, M.J. Alcorcón. Estudio Geográfico de un Municipio del Area Metropolitana. Tesis Doctoral. Inédita. Comunicación verbal, en elaboración.
- (5) Méndez Gutiérrez, R.: La Industria de Madrid. Estudio Geográfico. Tesis Doctoral. Univ. Complutense. Madrid, 1981.
- (6) Ministerio de Planificación del Desarrollo. Op. cit. pág. 512.

#### 4.1.3. Expansión del Canal y abastecimiento a la provincia de Madrid.

Antes de pasar a ver las posibilidades de expansión y los detalles de las ampliaciones próximas del Canal a los municipios de la provincia de Madrid creo que es conveniente analizar unos hechos que nos van a servir para comparar la situación de Madrid y la de las provincias limítrofes en relación al consumo de agua. Estas comparaciones están basadas en los datos del extinto Servicio Sindical de Estadística de la Organización Sindical, que tras la muerte del General Franco se llamó A.I.S.S. (Administración Institucional de Servicios Socioprofesionales) que desapareció con posterioridad, llevándose con ella el magnífico Servicio Sindical de Estadística. Los datos quedaron plasmados en una serie de publicaciones por provincias; Madrid y sus comarcas, Toledo, Guadalajara, Segovia y Avila, publicadas entre 1.975 y 1.977. Estos trabajos contienen una magnífica información básica de cada provincia a nivel de comarcas, entre ellas las que se cuentan los datos de abastecimiento de agua con unos comentarios que recojo en el presente capítulo. Dichos datos venían siendo elaborados por el Sindicato de Agua, Gas y electricidad que realizaba encuestas a nivel nacional por ciudades y municipios que luego publicaba en un volumen seriado con título Datos Básicos de Abastecimiento de Agua.

Entre los datos que suministran las Memorias Provinciales citadas anteriormente están: los Municipios con agua corriente en cada comarca, los porcentajes de municipios con agua corriente sobre cada 100 municipios y los consumos de miles de metros cúbicos año, así como el consumo en metros cúbicos por año, que yo he preferido trasvasar a valores de dotación específica en litros por habitante y día. Los valores de las comarcas los he agrupado en el cuadro nº1, con los que he realizado varios mapas para ver de forma comparativa cada uno de los valores. La base utilizada en los mapas es la del mapa

AVILA · SEGOVIA · MADRID · GUADALAJARA · TOLEDO



MAPA 1. MUNICIPIOS Y COMARCAS

5990

ESCALA 1: 000 000

CUADRO N° 1. CONSUMO DE AGUA EN LAS COMARCAS DE AVILA, GUADALAJARA, MORELIA, SEGOVIA Y TOLEDO

Comarcas	N° de municipios	Municipios con agua corriente % por cada 100 municipios	Consumo de agua para uso doméstico	
			miles m/año	dotación l/hab.y día
I La Moraña	57	77	2.526,7	179,4
Subcomarca "a"	33	89,2	2.072,7	234,4
Subcomarca "b"	24	64,9	453,0	86,5
II Centro	23	30,3	4.256,5	187,5
Subcomarca "a"	11	28,2	205,9	36,0
Subcomarca "b"	33,3	30,3	3.883,6	247,8
Subcomarca "c"	3	167	127,2	127,2
III Piedrahíta-Barco	14	28,6	797	83,6
IV La Sierra	10	45,4	429	99,4
V Alberche	13	92,8	1.720,8	175
VI Tietar	24	100	7.723,3	554,4
Total Avila	141	54,4	17.452	234,6
I Campiña	20	48,8	817	106
II Alcarria	45	40,5	3.030	101
III Sierra	30	34,5	1.666	194
Atienza III "a"	10	22,2	435	164
Siguenza III "b"	12	50	646	149
Cifuentes III "c"	18	44,4	584	373
IV Molina	26	40,6	973	145
Total Guadalajara	121	40	6.475	120
I Sierra	48	76	1.494	153
II Nordeste	45	79	537	79
III Centro	49	94	1.104	84
IV Oeste	40	95	737	87
V Segovia	1	100	2.854	164
Total Segovia	183	83	6.726	120
I Talavera	23	50	6.634,7	183,5
II Torrijos	31	73,8	1.620,9	76,7
III Toledo-Sagra	32	71,1	5.735,8	142,4
IV La Jara	14	68,4	640,4	60,2
V Navahermosa-Yébenes	10	76,9	406,3	35,6
VI La Marcha	33	87,2	4.145,9	79,4
Total Toledo	143	70,1	19.174,1	112,3

600.

.../...

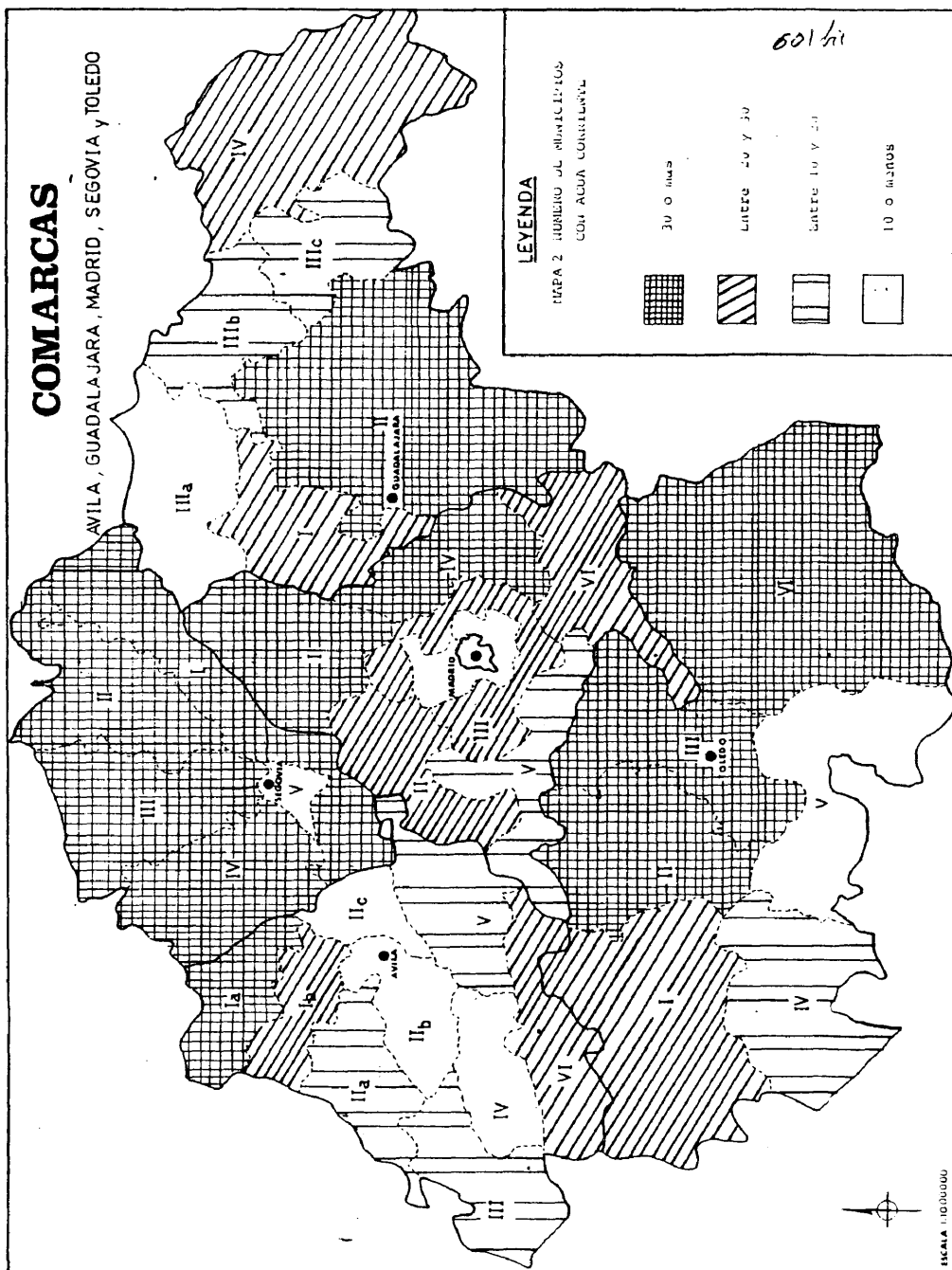
.../...

Comarcas	Municipios con agua corriente		Consumo de agua para uso doméstico	
	Nº municipios	% por cada 100 municipios	Miles m³/año	dotación l/hab.y día
I Lozoya-Somosierra	34	69,4	1.309,5	158
II Guadarrama	21	87,5	4.766,9	222
III Area Metropolitana	22	100	28.479,4	125
IV Campiña	30	96,8	5.618,6	107
V Suroccidental	30	96,8	8.083,7	130
VI Las Vegas	21	100	2.838,2	100
Total provincia sin Madrid	158	88,8	51.096,3	128
Madrid-capital	1	100	175.714,5	150
Total provincial Madrid	159	88,8	226.810,1	143
Total interprovincial	747	64	276,610	143

● Fuente: Servicio Sindical de Estadística. Organización Sindical o A.I.S.S. Madrid 1.975-77

# COMARCAS

ÁVILA, GUADALAJARA, MADRID, SEGOVIA y TOLEDO



601/61

1:1.000.000 de la Confederación de Cajas de Ahorro, hecha por el Instituto de Geografía Aplicada, que es la misma base que utiliza el Servicio Sindical de Estadística, aunque no la citen y emplee la escala 1:500.000, que señala los municipios que tiene cada comarca, es de notar que debido a las modificaciones establecidas por los reagrupamientos municipales establecidos en los últimos años el número de municipios de los del Servicio Sindical de Estadística es menor que en el Mapa Base del Instituto de Geografía Aplicada. mapa 1

4.1.3a. Análisis comparativo del consumo de agua de las comarcas de Madrid, Segovia, Avila, Guadalajara y Toledo.

En este epígrafe he introducido los comentarios de las Memorias provinciales junto a un análisis personal realizado a partir de los datos y comparando todas las memorias anteriores provinciales.

En la provincia de Avila (1) la comarca del Valle del Tié tar cuenta con agua corriente en la totalidad de sus municipios, es una zona de residencia secundaria de cierta importancia. (2)

En la de Guadalajara (3) el servicio de agua corriente existe en el 40% de los municipios, mientras que su complementario, el alcantarillado, sólo alcanza al 34%. Las cantidades de agua para uso doméstico y la cifra de dotación es máxima en la subcomarca de Cifuentes y mínima en la Alcarria.

En la provincia de Segovia (4) se aprecia la falta de un adecua do suministro de agua que está condicionando el crecimiento poblacional e industrial, aparte de los datos de la A.I.S.S., son conocidas las restricciones que soportan estoicamente los segovianos durante el verano en espera de una solución que su ministre agua abundante sin daños ecológicos para las zonas inmediatas a la capital provincial. Solamente 183 municipios de la provincia disponen de agua corriente, sobrepasando la



media provincial (del 85%) las comarcas de Centro, Oeste y Capital. Por otro lado, la provincia está atravesada por ríos cuyo caudal oscila entre 0,5 a 40 m<sup>3</sup>/seg., lo que en cierta medida contribuye a que los distintos municipios puedan aprovecharse de su caudal. Se estima que la demanda de agua en la provincia se cifra en 8,5 millones de metros cúbicos, cantidad que aumenta en determinada época del año por la influencia del turismo. El consumo está cifrado en 6,5 millones de m<sup>3</sup>, lo que denota que la provincia es escasa de agua apesar de los ríos y arroyos existentes. Aunque todos ellos de caudal pobre. La solución mas idónea sería la investigación de las posibilidades del subsuelo para así abastecer a los municipios que en verano soportan restricciones, especialmente a la capital, que en verano tiene que elevar agua del río Eresma. Al igual que ocurre con la provincia de Madrid los acuíferos cretácicos sería una solución que permitiría paliar la caótica situación actual, aunque creo que esta solución a largo plazo será poco efectiva, por lo que es preciso pensar en la construcción de presas o en la investigación del subsuelo en las zonas cuaternarias o miocenas. Con todo y como veremos, esta provincia no es la que peores condiciones soporta en aspectos de abastecimientos a municipios o de consumo en general, aunque las dotaciones sean bastante mas bajas, y los efectos estacionales sean importantes en el abastecimiento.

En Toledo(5) la comarca de Talavera sólo cuenta con agua en el 50% de sus municipios, valor muy inferior al resto de la provincia y con valores parecidos a los de Guadalajara y Avila, sin embargo a nivel comarcal los datos la presentan como la de mayor consumo total con 6.634.755 m<sup>3</sup>/año, y con una dotación superior a la provincia y a la de otras comarcas limítrofes, y todo ello motivado por el peso de Talavera de la Reina, población que ha consumido por si sólo el 82,5% del total de agua de la comarca, a pesar de sus problemas de este servicio público por el continuado crecimiento de su

población; quizás por la escasez de agua a domicilio la comarca disfruta de mas fuentes públicas, 132, y mas lavaderos públicos, 31, que las demás comarcas, aunque pueda influir también la mayor cantidad de municipios que la componen. La comarca de Torrijos ocupa el tercer lugar de los municipios con agua corriente en la provincia, con valores por encima de la media provincial, pero con cierta insuficiencia, reflejada en la cantidad consumida por habitante, 76,7 l./hab. y día. La comarca de Toledo-Sagra, ocupa un puesto intermedio en los municipios con agua corriente con 32 de los 45 que comprenden la comarca; sin embargo el consumo por habitante es de 142,4 l./hab. y día, superior a la media provincial, pero aquí al igual que ocurría en la comarca talaverana con Talavera de la Reina, la ciudad de Toledo hace subir la media sino de una forma tan decisiva, en general la comarca tiene cierta suficiencia de agua, si al menos en un grado importante. En la comarca de la Jara el agua constituye todo un contraste; hay municipios en los que ni se controla por su abundancia, se trata de las localidades situadas en las mismas estribaciones de los Montes de Toledo, pero las situadas en la zona próxima a la comarca de Talavera ofrecen la cara contraria, de ahí que la dotación media de 60,2 l./hab. y día es un valor poco representativo, en definitiva disponen de agua 13 de sus 19 poblaciones. La comarca ca Navahermoso-Los Yébenes tiene sólo 3 de sus municipios sin agua, pero al encontrarse en una de las zonas mas secas de la provincia, es la que mas pozos necesita abrir cada año, la dotación es la mas baja, con sólo 35,6 l./hab. y día; este dato refleja la sed que pasan algunos municipios cada verano, principalmente Sonseca, Ventas con Peña Aguilera, etc. En La Mancha sólo 5 de sus 39 municipios carecen de agua corriente a domicilio y la dotación gira en torno a los 79,4 l./hab. y día; aunque el consumo de Talavera y Toledo-Sagra sea superior, el peso de las ciudades hace que se eleve el promedio en estas comarcas, mientras que la comarca manchega ofrece el mejor panorama en este servicio público; en esta zona se consigue agua facilmente, de

ahí la poca profundidad de sus pozos y el problema de reserva que se origina en años de sequía, en los que se hace necesario el riego nocturno para evitar el corte a domicilio durante el día.

Para ver la relación que existe entre el consumo de agua en Toledo y el consumo de agua en España el Servicio Sindical de Estadística establece los siguientes valores:

	% de familias que disponen de agua corriente en 1.975	hogares cuya vivienda dispone de <u>agua corriente caliente y fría</u>			
		1.968		1.975	
		Número	%	Número	%
Toledo	86,6	7.860	6	34.368	27
España	83,0	1.622.000	18,4	4.644.212	49,7

Fuente: Servicio Sindical de Estadística. Las Comarcas de la Provincia de Toledo. Organización Sindical, Madrid, 1.975.

Las localidades con agua corriente son 143, por lo que 61 municipios carecen de este líquido indispensable; sabemos que la Diputación está realizando prospecciones por los municipios que carecen de agua corriente; que nosotros sepamos estas prospecciones han dado resultado positivo al oeste de la comarca de Talavera, zona que además se abastecerá de la presa de Rosarito antes de 1.978, ya que de los 61 municipios sin agua 23 pertenecen a esa comarca. Talavera, a pesar de una aparente suficiencia está necesitada de una nueva depuradora para hacer frente al incremento ininterrumpido de su población. En las comarcas de Torrijos y Toledo-Sagra creemos que llegará a corto plazo el agua corriente a los municipios próximos al río Alberche, pero al resto de las poblaciones sin agua salpicadas por ambas comarcas seguirán a merced de la suerte en las prospecciones que se vienen realizando; en la Jara los muni-

cipios sin agua corriente están cerca de la presa del río Uso, por lo que cabe aventurar que el agua llegue a todos en un corto plazo. En la actualidad uno de ellos, Nava de Ricomalillo tiene agua corriente y alcantarillado.

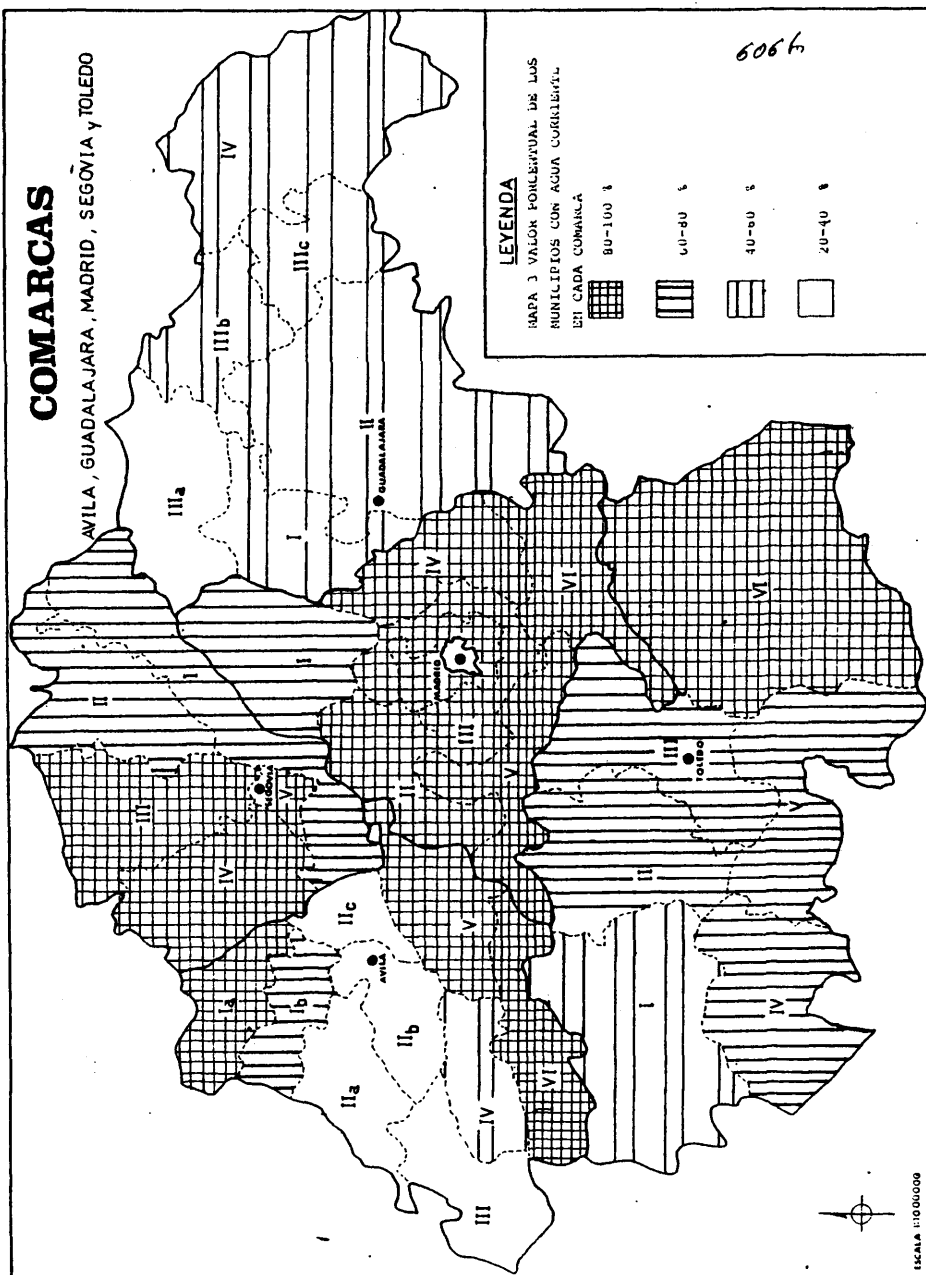
Navahermosa-Los Yébenes sólo tienen tres municipios sin agua y espera la solución de la Presa del Torcón para completar el abastecimiento deficiente en verano, al igual que los cinco municipios de La Mancha gracias a las prospecciones que se vienen realizando.

En un primer análisis de los hechos que nos presenta el cuadro nº 1 he trasvasado los datos de tipo numérico a mapas; en el primero de ellos (mapa 2) es donde se puede ver el número de municipios que tienen agua en cada comarca, según la delimitación establecida por la Organización Sindical. Esta primera aproximación no resulta significativa, pues las comarcas tienen, como es lógico, una extensión superficial distinta; además, el número de municipios es igualmente distinto, como se puede ver en el mapa nº 2 que es una hoja del mapa de España, escala 1:1.000.000 realizado por el Instituto de Geografía Aplicada. Por ejemplo, en la provincia de Guadalajara, la comarca de La Alcarria tiene un gran número de municipios, mientras que el valor real de cobertura de los municipios abastecidos con agua corriente no es mucho mayor que el resto de las comarcas, dentro de un desabastecimiento total. Otro tanto, sucede en Segovia, donde dentro de una zona homogénea, por el número de pueblos con agua corriente, existen unas irregularidades considerables; es decir, que los valores ocultan desequilibrios intercomarcales, que aunque no muy fuertes, porque es una de las provincias con mayor número de municipios con agua corriente, si son de consideración el resto de los aspectos del abastecimiento.

A nivel provincial, la provincia mas desatendida es sin duda la de Guadalajara, con sólo 121 municipios con agua corriente, de un total superior a 300, la emigración, como ha señala-

# COMARCAS

ÁVILA, GUADALAJARA, MADRID, SEGOVIA y TOLEDO

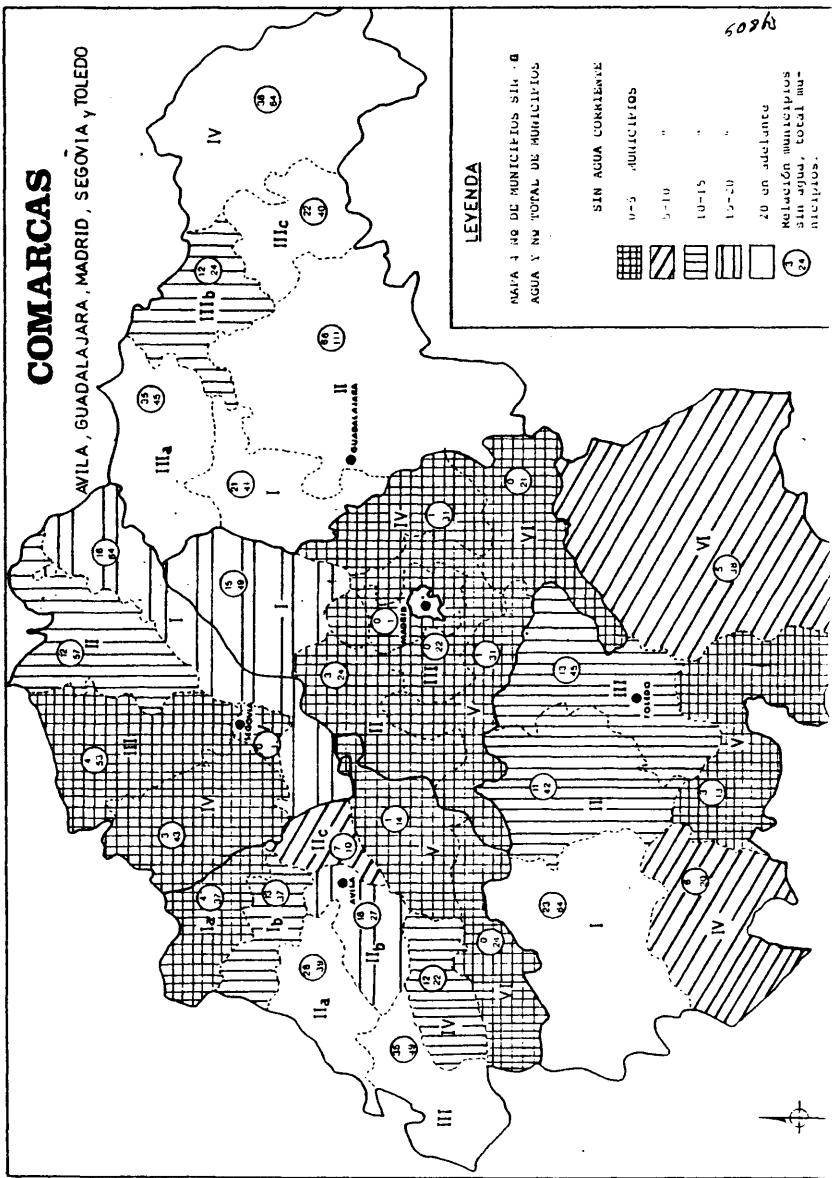


do Alonso (6) es uno de los factores mas importantes de esta posible desatención, ya que como veremos, las dotaciones por habitante y día, no se diferencian de las demás provincias siendo en ocasiones hasta superiores. El caso contrario es Segovia, donde tienen agua corriente 183 municipios de un total de 220, la situación en general no es diferente del resto de las provincias, a pesar de esta abundante extensión del servicio, ya que el número de municipios de pequeña superficie es muy abundante, hay que tener en cuenta que es una de las provincias de menor extensión superficial, y por otro lado los valores de la dotación específica, como veremos no son muy elevados. En la provincia de Toledo, aún con superficies menos desiguales, salvo La Mancha, hay zonas donde los municipios con agua son muy escasos como en la Jara y Navahermosa-Los Yébenes en parte porque la superficie de los municipios es extensa. En conjunto en los Montes es notorio el abandono en que se encuentran, similar a otro zona deprimida que es la comarca de Atienza al Norte de la provincia de Guadalajara. El resto de los pueblos de las comarcas toledanas el abastecimiento está mas equilibrado.

El mapa es tan poco significativo que Madrid-capital aparece con pocos municipios con agua corriente, pero hay que tener en cuenta que es sólo el término municipal de la capital. Mientras que las comarcas de Lozoya-Somosierra y Campiña tienen un gran número de municipios con abastecimiento, hecho que no dice mas que en estas zonas el número de municipios es mayor. Para apreciar realmente la situación efectiva del abastecimiento, combinaremos estos valores obtenidos en el mapa nº 1 con los de los 3 y 4 que dan una visión mucho más real de la situación del abastecimiento en las comarcas de las provincias de la región Centro.

A nivel provincial en el cuadro n° 1 quedan reflejados los porcentajes de los municipios con agua corriente sobre cada 100, que yo he trasvasado al mapa n° 3; donde se ve cómo la provincia de Madrid, con casi el 90% de los municipios abastecidos con agua corriente, jerarquiza toda la región. El segundo lugar lo ocupa Segovia, seguido de Toledo, con porcentajes similares aunque mas disimétricos, mientras que Avila y por último Guadalajara son las provincias con menores porcentajes de municipios con agua corriente muy por debajo de la media interprovincial, hecho que indica la depresión en que se encuentran en este servicio las dos provincias. A nivel comarcal, existen tres zonas donde los porcentajes de municipios con agua son máximos y son: Madrid, donde casi toda la provincia está abastecida, junto con el Tiétar y el Alberche que son comarcas de Avila. En Toledo, La Mancha, es la zona de mayor número de pueblos abastecidos en valores porcentuales y por último La Moraña en Avila y centro, oeste y Segovia en la provincia del mismo nombre son las zonas de mayor valor porcentual.

Entre las comarcas centrales y las del norte, a nivel regional existe una zona que agrupa las comarcas del centro de la provincia de Avila, Sierra y Nordeste de la Segovia y Norte de Guadalajara, comarcas de Campiña y Atienza, así como la comarca de Lozoya -Somosierra en la provincia de Madrid con un descenso notable de los porcentajes de pueblos con agua corriente; son las zonas del Sistema Central, es decir, zonas abastecedoras de agua al resto de las comarcas, por el inmenso reservorio que constituye dicha cordillera. Aunque se da la paradoja de que las comarcas del Alberche y del Tiétar en la provincia de Avila que deberían estar incluidas en este grupo por su ubicación geográfica, tienen todos o casi todos los municipios con agua corriente debido al fenómeno estudiado por Del Canto (7), el de la Segunda Residencia. Este factor ha hecho que todos los pueblos de los valles de estos ríos tengan agua corriente para satisfacer





las necesidades de los veraneantes y ocupantes de las viviendas de fin de semana. Sucede de forma similar como con las altas en el abastecimiento de gas, que aumentan fuertemente en períodos vacacionales. El fenómeno de la Segunda Residencia ha forzado un abastecimiento de agua mejor, en una zona que de por sí posee unas condiciones hídricas potenciales inmejorables.

Las comarcas de Toledo se mantienen en una tónica general superior a la media interprovincial, incluso superior a la propia media provincial, salvo la comarca de Talavera, que como señala el Servicio Sindical de Estadística tiene un conjunto de pueblos importante sin agua corriente, en concreto 23 municipios, y por otro lado, dentro de la misma provincia, La Mancha, que supera las medias con mucho y que como he indicado sus condiciones son las de casi total desarrollo salvo un factor, como es la dotación.

La provincia con menor porcentaje de municipios con agua corriente es Guadalajara, que da en todas las comarcas valores inferiores a la media interprovincial. Además, si se tiene en cuenta que los municipios son 303 y los núcleos de población son muy abundantes, mas de 400, es de suponer que haya menos de la tercera parte de ellos con abastecimiento de agua corriente, por lo que se da la paradoja que siendo un provincia abastecedora de trasvases mediterráneos y una de las principales abastecedoras de Madrid tienen agua sólo la tercera parte de sus núcleos de población.

Un indicador mas del abastecimiento es el número de municipios sin agua corriente y la relación existente entre estos y el total de municipios, es una forma similar de expresión cómo los valores porcentuales pero combinados, tal como aparece en el cuadro nº 2 y mapa nº 4. Vuelven a surgir los mismos fenómenos que en los mapas anteriores, pero mas matizados y con algunos cambios.

CUADRO N° 2. NUMERO DE MUNICIPIOS SIN AGUA CORRIENTE Y TOTAL  
DE MUNICIPIOS

Comarcas	N° de municipios sin agua	Total de municipios en cada comarca
I Moraña	17	74
Subcomarca "a"	4	37
Subcomarca "b"	13	37
II Centro	53	76
Subcomarca "a"	28	39
Subcomarca "b"	18	27
Subcomarca "c"	7	10
III Piedrahita-Barco	35	49
IV La Sierra	12	22
V Alberche	1	14
VI Tiétar	0	24
<b>Total Avila</b>	<b>118</b>	<b>259</b>
I Campiña	21	41
II Alcarria	66	111
III Sierra	57	87
Atienza	35	45
Sigüenza III "b"	12	24
Cifuentes III "c"	22	40
Molina	38	64
<b>Total Guadalajara</b>	<b>182</b>	<b>303</b>
I Sierra	16	64
II Nordeste	12	57
III Centro	4	53
IV Oeste	3	43
V Segovia	0	1
<b>Total Segovia</b>	<b>35</b>	<b>218</b>
I Talavera	23	46
II Torrijos	11	42
III Toledo-Sagra	13	45
IV La Jara	6	20
V Navahermosa-Yébenes	3	13
VI La Mancha	5	38
<b>Total Toledo</b>	<b>61</b>	<b>204</b>
I Lozoya-Somosierra	15	49
II Guadarrama	3	24
III Area Metropolitana	0	22
IV Campiña	1	31
V Suroccidental	1	31
VI Las Vegas	0	21
Total provincial sin Madrid	19	178
Madrid Capital	0	1
<b>Total provincia Madrid</b>	<b>19</b>	<b>179</b>

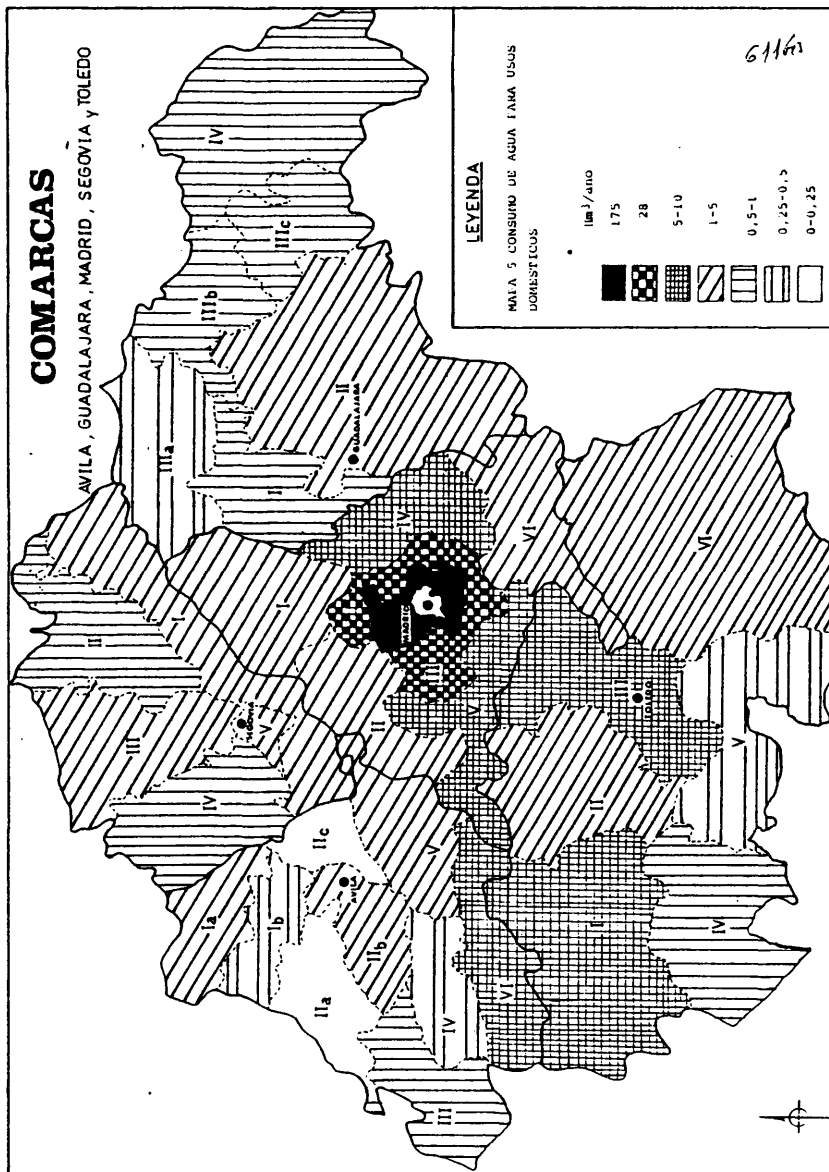
Las comarcas con menor número de pueblos sin agua corriente vuelven a ser las de Madrid y comarcas limítrofes de Avila, es decir, Alberche y Tiétar, en el norte de la región las comarcas Centro, Oeste y Segovia en esta provincia, y La Moraña, subcomarca "a", en la de Avila también tienen un número de pueblos sin abastecer pequeño. Al Sur aparece la comarca de Los Yébenes con muy pocos pueblos sin abastecer pero de un total muy bajo, menos de la mitad que el resto de las comarcas. Mientras que La Mancha queda situada fuera de este epígrafe aunque muy cercana a los niveles de desabastecimiento mínimo, sólo cinco municipios de 38 carecen de agua, y como afirma el Servicio Sindical de Estadística las posibilidades de tener agua corriente en todos ellos son máximas.

Las comarcas del Sistema Central vuelven a ser las que mas municipios tienen sin abastecimiento de agua corriente, así como Guadalajara que aparece de nuevo como la provincia con mayor número de pueblos desabastecidos. Toledo sin cubrir las necesidades totalmente se mantiene bastante equilibrada, mientras que Avila tiene fuertes desequilibrios aún contando con zonas bien dotadas. En Segovia el equilibrio con valores altos de abastecimiento de agua corriente es la norma general de toda la provincia.

Si bien el número de pueblos abastecidos, es un dato importante para llegar a conocer la realidad del consumo en las comarcas de la región Centro, excluida Cuenca, sin duda uno de los valores mas importantes es el del consumo en  $m^3$  año para usos domésticos, que es otro de los datos encontrado de las Memorias Provinciales de la A.I.S.S. y que se pueden apreciar en el cuadro nº 1, cuyos datos quedan reflejados de forma clara en el mapa 5.

Madrid y el Area Metropolitana son con los valores de 175 y 28 millones de metros cúbicos por año respectivamente, los que jerarquizan la región, sobre todo si se piensa que de los 276 millones de metros cúbicos por año que consume ésta en

AVILA, GUADALAJARA, MADRID, SEGOVIA y TOLEDO



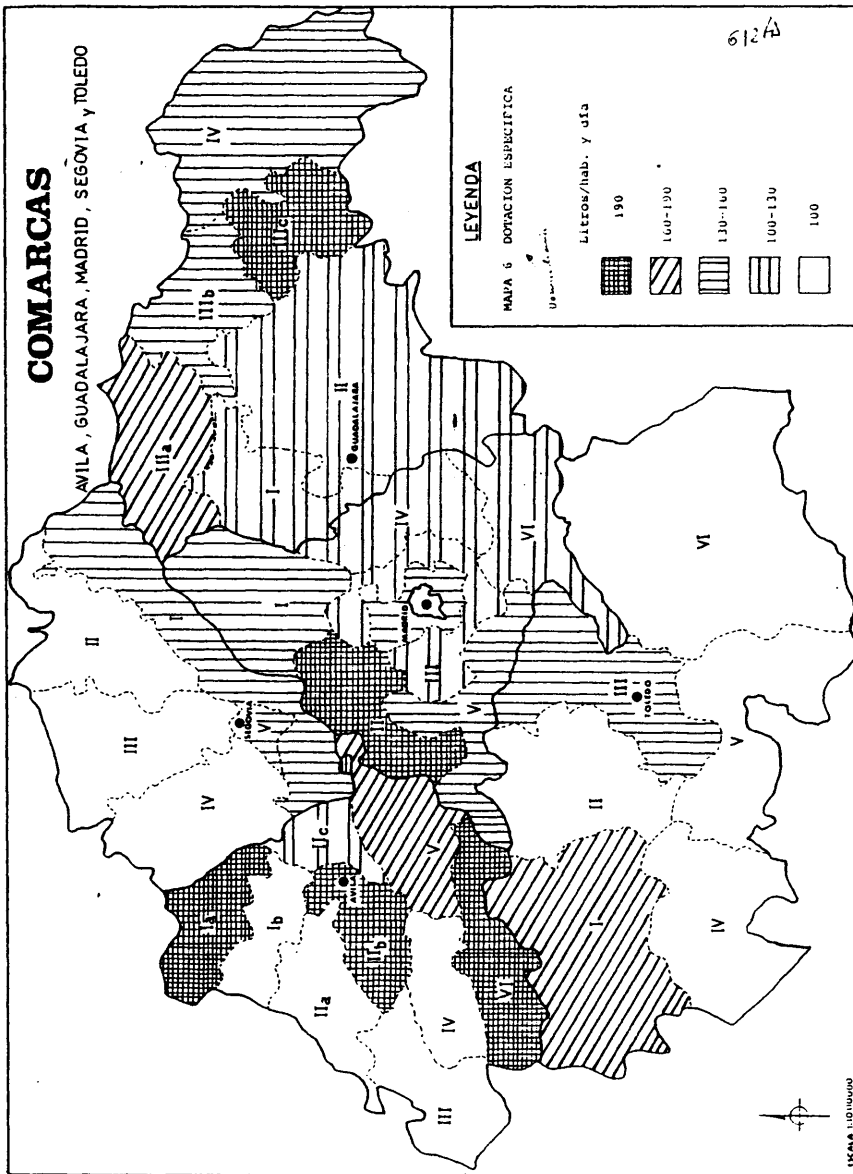
en valor domiciliario, el 73% se queda en la comarca de Madrid y área metropolitana, y hasta el 82% del total regional si se tiene en cuenta el total de la provincia que con 4,3 millones de habitantes (8) es también el 82% de la población total de la región. Es decir, no existe, a pesar de que la cantidad de consumo es muy grande, un desequilibrio evidente del consumo de agua y la población entre Madrid y el resto de las provincias de la misma región, aunque si exista algún desequilibrio intraprovincial en Madrid. El tercer grupo de comarcas, la de un fuerte consumo son: la del Tiést<sup>ar</sup> en Avila que es una zona bien dotada en todos los aspectos, las comarcas Suroccidental y Campiña en la provincia de Madrid que no son mas que la influencia de la ciudad y los ríos serranos en el primer caso, aunque también puede verse una buena localización por los recursos hídricos de los acuífe-  
ros la zona de arenas situada al W. de la ciudad, y pobla-  
ciones de gran número de habitantes, mientras que en la Cam-  
piña son las ciudades industriales como Alcalá de Henares y los ríos Jarama y Henares que permiten un mejor abasteci-  
miento en la zona a industrias que se surten en como segun-  
da fuente de aprovisionamiento de agua industrial de capta-  
ciones subterráneas localizadas en la cuenca del Henares;  
además, el factor fundamental es que la población en las dos comarcas es bastante considerable. En este mismo grupo se encuentran las comarcas toledanas de Talavera y Toledo-Sa-  
gra, que tienen un consumo importante, mas por las dos ciu-  
dades que organizan la vida comarcal, Talavera y Toledo, que por el conjunto total de municipios que las forman.

El cuarto epígrafe lo forman las comarcas que consumen entre uno y cinco millones de metros cúbicos por año, son casi todas las capitales provinciales, es decir Avila, Guadalajara y Segovia, además de otras comarcas irregularmente repartidas, Moraña, Subcomarca "a" y Alberche en Avila, Centro y Sierra <sup>en</sup> Segovia, Torrijos y Mancha en Toledo, y el resto de las comarcas de Madrid, Las Vegas, Lozoya-Somosierra y Guadarrama. Son zonas o bien de segunda residencia en áreas



# COMARCAS

ÁVILA, GUADALAJARA, MADRID, SEGÓVIA y TOLEDO



serranas en general bien dotadas de agua, o bien comarcas de grandes municipios con una agricultura y una población numerosa.

Los tres últimos epígrafes son los de la marginación con algunas diferencias, pero con consumos inferiores a 500.000 m<sup>3</sup> año. Es casi toda la provincia de Guadalajara, en la que la población ha emigrado y ha dejado un número considerable de municipios y pueblos casi deshabitados, es el nordeste y oeste de Segovia y el Centro y Oeste de Avila, salvo la subcomarca de la capital y son por último La Jara y los Yébenes en la provincia de Toledo.

La media de dotación específica para usos domésticos es en casi todos los países del mundo desarrollado de 130 a 160 litros/habitante y día, tener valores inferiores a estos implica un cierto subdesarrollo. Para apreciar el grado de desarrollo que tienen las comarcas de la región Centro he reflejado los datos del cuadro nº 1 en el mapa 6, que permite apreciar de forma clara y de una simple ojeada la relación consumo-población. El primer epígrafe que aparece en el mapa es el de dotación superior a 190 l./hab. y día, con la comarca de Moraña, subcomarca "a", que es una de las mejor abastecidas en todos los sentidos, por número de municipios con agua corriente, por porcentajes sobre el total, por consumo y por último por dotación. En esta misma provincia aparece con una buena dotación Avila capital y su comarca, aunque sólo sean 9 municipios abastecidos con agua corriente de un total de 27. Este hecho no hace mas que reflejar el desequilibrio existente entre la capital y el resto de los pueblos de la comarca. En el Valle del Tiétar vuelve a aparecer el hecho de la Segunda Residencia por cuanto que la dotación específica es exagerada, la máxima intercomarcal en toda la región con 554,5 litros/hab. y día. Este mismo hecho de la Segunda Residencia se puede apreciar en las dotaciones de las comarcas de Guadarrama en Madrid y

Cifuentes en Guadalajara con consumos muy superiores, en esta última incluso doble de la media interprovincial. En conjunto, tres de las cinco comarcas de máxima dotación tienen áreas de Segunda Residencia o zonas de veraneo de la población madrileña.

Las comarcas con una dotación superior a la media, entre 160 y 190 litros/hab, y día son mas heterogéneas: la comarca del Alberche abulense es un área de Segunda Residencia pero con una población residente considerable, mientras que la subcomarca de Atienza tiene una dotación elevada con bastante desequilibrio y con una población escasa con tendencias migratorias muy fuertes, y como afirma Alonso es casi un despoblado, "Es la zona de Castilla La Nueva de menor densidad poblacional". Por último la comarca de Talavera tiene una dotación considerable en función de la ciudad, ya que el resto de los municipios tienen un valor porcentual elevado de núcleos sin agua corriente.

Con valores en torno a la media, es decir, entre 130 y 160 litros por habitante y día están tres de las capitales provinciales y sus comarcas, Madrid, Toledo y Segovia, además del Sistema Central, con las comarcas de la Sierra en Segovia y Lozoya-Somosierra en Madrid. Por otro lado, también aparece en este epígrafe la zona limítrofe con las Sagra-Toledo, es decir la comarca suroccidental madrileña. También hay dos comarcas que superan la media de dotación en la provincia de Guadalajara, como son Sigüenza y Molina, pero han de entenderse como zonas de baja densidad con pérdidas demográficas por emigración, ya que en esta provincia donde hay una comarca con crecimiento poblacional, tal como sucede en la Alcarria gracias a la capital Guadalajara, la dotación desciende.

De dos epígrafes claramente inferiores a la media, el primero de ellos es el que tiene valores de dotación entre 100 y 130 litros/hab. y día, agrupa las comarcas Centro, Subcomarca "c" de Avila y gran parte del Centro Oeste de to-



da la región, entre las que se encuentra el area metropolitana, donde el aluvión de inmigrantes está provocando graves problemas en el abastecimiento y la ampliación de redes es constante, este hecho se hace extensible a las comarcas de Campiña y Vegas de Madrid, e incluso a la Campiña y Alcarria de Guadalajara, donde, la capital y Azuqueca constituyen un polo de atracción importante.

El último de los epígrafes es el de los infradotados de agua, o bien donde el desarrollo de la red de distribución hace dificultosas las mediciones. Son las comarcas del Nordeste, Centro y Oeste de Segovia; Moraña "b", Piedrahíta-Barco, Sierra y Centro "a" en Avila; y Torrijos, La Jara, Los Yébenes y La Mancha, en Toledo, son las regiones menos urbanizadas y mas marginales de toda la región; en La Jara los del Servicio Sindical indican la incapacidad de las mediciones porque, aunque la red no es completa, sí hay abundancia de agua en la zona cercana a los montes, mientras que en Segovia, que en principio aparecían zonas bien abastecidas, sin embargo mantienen unas dotaciones muy bajas. Por otro lado, es explicable la infradotación de los Montes de Toledo, ya que es practicamente un vacío dedicado a la caza (10) y sin ningún núcleo urbano de consideración. El caso de la baja dotación de la Mancha toledana es explicable por cuanto que la fuente de aprovisionamiento es fundamentalmente de tipo subterráneo, en una zona con fuerte sequía estival, lo que provoca unas dotaciones ciertamente costantes, pero no excesivas, como lo demuestran los 79,4 l./hab y día del valor de la dotación específica.

En resumen, puedo afirmar que Madrid y su entorno tienen una gran influencia en el abastecimiento, al igual que las capitales provinciales, el <sup>consumo de</sup> agua en la región es un fenómeno fundamentalmente urbano, y en las comarcas donde hay valores considerables de cualquier tipo de dato, aparece un fenómeno urbano o asimilado como la Segunda Residencia, o

bien y en segundo término unas fuentes de aprovisionamiento fáciles y seguras.

A pesar de que el número de municipios sin agua corriente es bastante numeroso, creó que en la actualidad es un fenómeno con tendencia a desaparecer, es mas, las metas de un futuro plan de ordenación del territorio no han de estar en el aprovisionamiento y red de distribución a municipios, pueblos o lugares, que es posible que estén en su totalidad abastecidos, si no en la consecución y mejora de la calidad, estableciendo sistemas de depuración de forma generalizada basada en una legislación ejecutiva, y en las áreas urbanas mejora y ampliación de la red.

He tratado de calcular algún tipo de correlación entre los datos del cuadro nº 1, primero entre el número de municipios sin agua corriente por comarca y la dotación para usos domésticos, con posterioridad entre aquellos y el número de metros cúbicos por año en miles, los resultados en el primer caso utilizando una relación lineal y en el segundo una exponencial han sido muy bajos, con coeficientes de correlación inferiores a 0,2, por tanto no existe ningún tipo de relación entre las variables, salvo, y esto es normal, entre consumo y población. A simple vista los valores porcentuales de municipios abastecidos de agua corriente cada 100 municipios y el consumo y la dotación tampoco tienen una correlación apreciable evidente, por lo que he desistido de realizar ningún tipo de aproximación. Las causas de esta falta de correlación es la heterogeneidad de las superficies comarcales por un lado, por cuanto que las comarcas tienen superficies y poblaciones muy diversas y además este aspecto se complica con la diversidad del consumo, la diversidad de municipios abastecidos y sin abastecer y los valores porcentuales, por lo tanto cualquier relación, tanto lineal, como exponencial o logarítmica no tiene ningún sentido puesto que los coeficientes de correlación son muy bajos.

4.1.3b. Expansión del canal y el abastecimiento a la provincia de Madrid.

La situación actual del abastecimiento de agua a la provincia de Madrid es con relación a otras provincias bastante buena, como acabamos de ver, aún contando con deficiencias, como la de los pueblos serranos, cercanos a la polémica presa de Miraflores que merced a un fallo técnico en la construcción no puede llenarse por falta de caudal de agua suficiente(11), o a los problemas previsibles que se van a crear en la cuenca del río Guadarrama con la realización de una gran ciudad residencial en las proximidades del Escorial con capacidad para mas de 25.000 habitantes y que va a afectar a las instalaciones del Canal de Isabel II, ya que aguas abajo existe una presa del mismo, la de las Nieves, por otro lado en las zonas de la Sierra madrileña, de Segunda Residencia, que ha conocido la aparición incontrolada de urbanizaciones, hay pueblos que padecen restricciones de tipo horario en el abastecimiento de agua como son San Lorenzo de El Escorial, Villalba, Guadarrama, etc. (12).

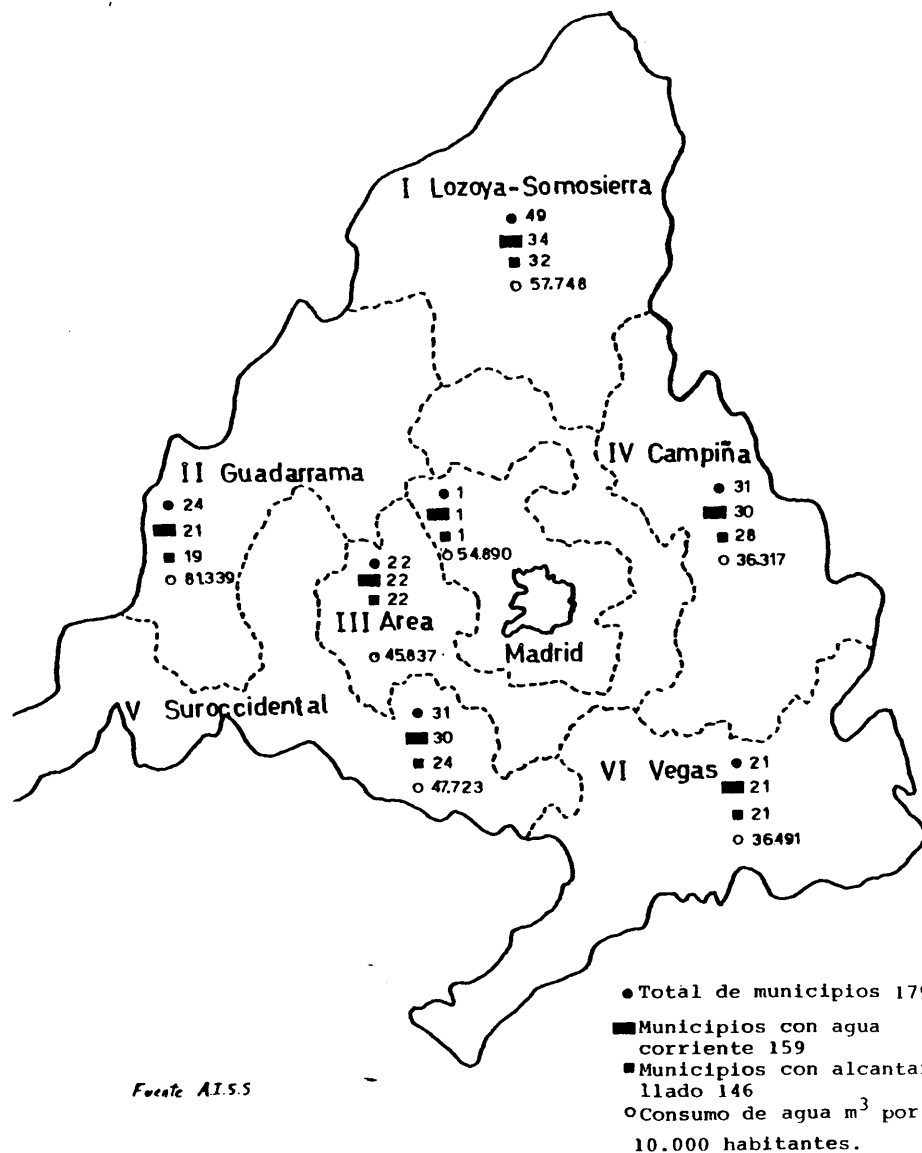
En un trabajo reciente (13) se hace una recopilación de la situación actual del agua en la provincia que he recogido en el cuadro nº1 del apartado anterior, y aunque faltan los datos de depuradoras, que no están incluidos, y que se puede decir que son muy bajos, como indica para 1.966 el Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento, podemos tener una idea clara de la situación del abastecimiento entre Madrid y las provincias limítrofes y apesar de que algunas tienen un potencial de abastecimiento cuantitativa y cualitativamente importante pues son provincias situadas en el Sistema Central, la situación real de Madrid en casi todos los aspectos es superior a la media menos en la dotación que es igual. Para apreciar la realidad del consumo de agua en las comarcas de Madrid he realizado el cuadro nº1 resumen de los datos que sobre este hecho refleja el Servicio Sindical de Estadística.

CUADRO N° 1. CONSUMO DE AGUA EN LAS COMARCAS DE MADRID.

COMARCAS	Municipios con agua corriente		Municipios con alcantarillado		Número de fuentes públicas	Número de lavaderos públicos	Consumo de agua para usos domésticos (1.974)		Dotación l/hab. y día
	Número	Por cada 100 Mun.	número	por cada 100 Mun.			m <sup>3</sup> por cada 10000 hab.	m <sup>3</sup> por cada 10000 hab.	
I. Lozoya-Somosierra	34	69,4	32	65,3	156	24	1.309,5	57.748	158
II. Guadarrama	21	87,5	18	75,0	132	17	4.766,9	81.339	222
III. Area Metropolitana	22	100,0	22	100,0	65	7	28.479,4	45.837	125
IV. Campiña	30	96,8	28	90,3	121	24	5.618,6	39.317	107
V. Suroccidental	30	96,8	24	77,4	96	17	8.083,6	47.723	130
VI. Las Vegas	21	100,0	21	100,0	97	18	2.838,2	36.491	100
<hr/>									
Total provincial sin Madrid	158	88,8	145	81,5	667	107	51.096,3	46.763	128
<hr/>									
Madrid capital	1	100,0	1	100,0	320	15	75.714,5	54.890	150
<hr/>									
Total provincial	159	88,8	146	81,6	987	122	26.810,0	52.321	143

Fuente: Servicio Sindical de Estadística: Las Comarca de Madrid. A.I.S.S. Madrid, 1.977, pág. 192.

## CONSUMO DE AGUA Y SERVICIOS PUBLICOS



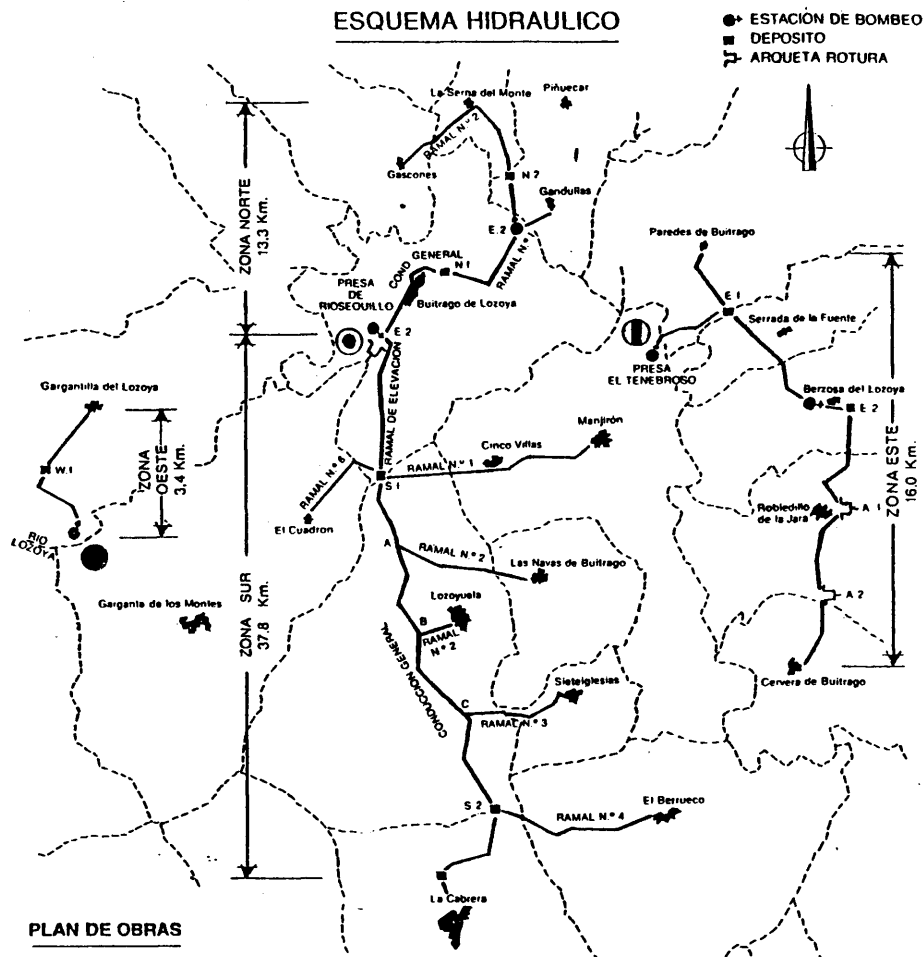
Fuente A.I.5.5

En cierta forma los datos que aparecen nos dan una medida del nivel de desarrollo de los pueblos de la provincia de Madrid. En cuanto al agua corriente el número de municipios que total o parcialmente la poseen es muy elevado en todas las comarcas, ya que se según se observa en el cuadro sólo en dos es inferior al 95% y son las del Lozoya-Somosierra y Guadarrama, precisamente las zonas más abastecedoras. El consumo de agua, aunque es una cifra prácticamente obtenida a partir de los datos municipales, es muy alto, sin duda debido a la existencia de muchas segundas residencias y que el agua destinada a riego y a piscinas también se contabiliza como consumo doméstico. El alcantarillado es muy frecuente en los pueblos de Madrid, aunque los porcentajes de municipios son algo inferiores a los de agua corriente. Así tenemos tres comarcas; Area Metropolitana, Campiña y Las Vegas que pasan del 90% y las otras quedan un poco por debajo, pero todas ellas nos dan idea del gran interés por este tipo de servicios públicos en la provincia (14).

En la zona donde se abastece de agua de forma fundamental el Canal de Isabel II, el 30,6% de los municipios no tienen agua corriente y el 34,7% no tienen alcantarillado, esta situación es lamentable, ya que los municipios abastecedores de agua de una gran parte de la provincia no la tienen para sí, en particular en las condiciones higiénicas que la sociedad actual debe exigir. Ello obligó a la Diputación Provincial a solicitar la cooperación del M.O.P.U, llegándose el 26 de diciembre de 1.977 a la firma de un convenio de cooperación entre Ministerio, Diputación y Canal de Isabel II para el estudio (15) y ejecución de las obras de infraestructura hidráulica correspondiente, de las que se encargaría el Canal y que en la actualidad se encuentra paralizado. En virtud de ese convenio el Canal habrá de encargarse del proyecto, construcción y explotación de las instalaciones necesarias para: suministro de agua, distribución domiciliaria, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, ya que la zona a abastecer está situada en el curso del río que mas caudal propor-

# PLAN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA A LA SIERRA NORTE DE MADRID

## ESQUEMA HIDRAULICO



## PLAN DE OBRAS

PROYECTO N.º 1 — CONDUCCIONES ZONA NORTE-SUR  
PROYECTO N.º 2 — ESTACIONES DE BOMBEO

PROYECTO N.º 3 — DEPOSITOS DE REGULACION

PROYECTO N.º 4 — CONDUCCIONES ZONA ESTE-OESTE  
PROYECTO N.º 5 — CAMINOS DE SERVICIO

● PRESA DE RIOSEQUILLO  
① PRESA "EL TENEBROSO"  
● RIO LOZOYA

ZONA NORTE — N.1 y N.2  
ZONA SUR — S.1 y S.2  
ZONA ESTE — E.1 y E.2  
ZONA OESTE — W.1

Fuente: Canal de Isabel II.

ciona para el consumo de Madrid. En el plano esquemático siguiente recogido de la Memoria de 1.977 se muestran los núcleos que se abastecerán en el futuro y cuya población actual es de 10.000 habitantes según las estimaciones del Canal y que yo con datos del Instituto Nacional de Estadística calculo en 3.332, sin incluir el millar y medio de habitantes de los pueblos de la zona que son abastecidos en la actualidad parcialmente por el Canal. Los pueblos ya están indicados en capítulos anteriores así como su localización en el mapa de la provincia, pero para apreciarlos de forma mas detallada incluyo el mencionado plano de la Memoria de 1.977.

Utilizando la "recta" de regresión múltiple de la zona abastecida por el Canal y conociendo la población para el área que en un futuro próximo va a ser abastecida por el mismo, podemos hacer prospecciones útiles en una primera aproximación, para ver la dotación real ajustada posible de esa zona tal como se refleja en el cuadro nº 1. Los datos previos nos definen la población "y" y una dotación previa posible "x", estos valores los llevamos a la recta (ya que al dar un valor constante a "x" el plano se convierte en recta):

$$z = -225.785,47 + 1.107,99 x + 85,97y$$

Así, de este modo, averiguamos el consumo en m<sup>3</sup>/año, "z", que tienen que abastecer a cada núcleo, o en algunos casos a cada término municipal. A continuación con el dato de consumo y con la población calculamos la dotación ajustada posible y los resultados que se reflejan en el cuadro nº 1 son bastante concordantes con la realidad del consumo en el área limítrofe abastecida por el Canal en la actualidad, aunque con defectos importantes como son: la gran dispersión por un lado y la tendencia a hacer descender la dotación ajustada posible por debajo de la dotación posible. No obstante creo que es una buena aproximación que permite preveer el mínimo posible de metros cúbicos/año que puede tener una población



CUADRO N° 1

CONSUMO Y DOTACION POSIBLE EN LOS PUEBLOS A ABASTECER EN  
EL FUTURO POR EL CANAL DE ISABEL II EN FUNCION DE LA RECTA-  
PLANO DE REGRESION MULTIPLE ELABORADA CON DATOS DEL AREA  
ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DEL CANAL DE ISABEL II.

Pueblos y forma de abastecimien to anterior.	Datos previos		Datos deducidos	
	Población "y" habi- tantes	Dotación po sible "x" l/hab.y día	Consumo z m/año*	Dotación ajustada posible
Garganta (manant.)	326	200	23.840	200,3
Gargantilla (fuent)	261	200	18.252	191,5
Gandúllas-Piñuecar (manantial)	176	200	10.944	170
Serna del Monte	64	200	1.315	56,3
Gascones	88	200	3.379	105
Paredes de Buitrago	498	200	38.628	212,5
Lozoyuela (Manant.)	708	200	56.682	219
La Cabrera	668	200	53.243	238
Nava de Buitrago fusionado Lozoyuela			-	-
Sieteiglesias "	"	"	-	-
El Berrueco	249	200	17.220	189
Cervera de Buitrago	134	200	7.333	149
Paredes de Buitrago (pozo) Fusionado a Puentes Viejas-				-
Berzosa de Lozoya (manantial)	68	200	1.659	66,8
Serrada de la Fuente (fuente) Fusionada a Puentes Viejas				-
Robledillo de la Jara	92	200	3.723	110,8
Total Sierra Pobre	3.332	200	282.227	232
Total Sierra Pobre según Canal	10.000	200	855.549	234
Móstoles (manantial)	76.250	300	6.662.096	239,3
Fuenlabrada (pozo)	18.348	300	1.684.055	251
Parla (pozo)	30.562	300	2.743.136	254,9
Pinto (pozo)	14.320	300	1.337.754	255,9
Dotación media	-			187,53

\* Calcula a partir de la recta de regresión, ya que el plano de regresión se convierte en recta.

Los municipios de Buitrago, Manjirón y Cinco Villas están siendo en la actualidad abastecidos por el Canal de Isabel II y su población es de 1.372 hab.

de un área definida límitrofe a la zona abastecida en la actualidad por el Canal y en segundo lugar porque permite prever una dotación mínima de referencia.

En el cuadro n  1 se puede apreciar, tanto en los pueblos de la sierra pobre, como en los municipios del Sur y Oeste de Madrid que serán abastecidos proximamente como los valores de la dotación ajustada posible est n por debajo de la dotación posible dada previamente, salvo en cinco casos. Es significativo que los pueblos con gran número de pobladores salgan siempre con dotaciones ajustadas inferiores a las posibles por efecto de la "recta-plano" de regresión múltiple, que hace que a medida que aumenta la dotación la población sea proporcionalmente menor.

La utilización de la fórmula de Capen plantea menos problemas en general para el cálculo de la dotación,<sup>el</sup> cuadro n  2 es un índice más aproximado que la recta de regresión, y la dotación tiene unos valores mas cercanos a la realidad. En particular, para aquellos valores que resultan de utilizar los datos de facturación de la zona abastecida en la actualidad en el cálculo del coeficiente "K" .

Si nos fijamos en los valores medios de la dotación obtenidos por los tres procedimientos: recta-plano de regresión múltiple del área abastecida en la actualidad, coeficiente K en sus dos formas, a partir de los datos de dotación de la zona abastecida, o de los datos de facturación de la misma zona para con ellos utilizar la fórmula de Capen, se puede ver que son más reales los obtenidos por el último procedimiento, sobre todo si los comparamos con los valores que tenemos de las dotaciones corregidas en el cuadro en el que se refleja la dotación total actual posible de la zona abastecida por el Canal, Cuadro finales del punto 4.1.2.

CUADRO N° 2.

Utilizando al fórmula de Capen para calcular las dotaciones en función de la población, conociendo que K en la región que abastece el Canal de Isabel II es igual a 323,4 o bien 208,57 según utilicemos la dotación hipotética o la facturada puedo ofrecer la aproximación siguiente en 1.977:

MUNICIPIOS	Dotación total basada en datos hipotéticos 1/hab. y día	Dotación total basada en datos de facturación 1/hab. y día
Garganta	281,12	181,30
Gargantilla	273,41	156,33
Gandullas Piñuecar	260,27	167,86
Serna del Monte	229,36	147,92
Gascones	238,67	153,93
Paredes de Buitrago	296,41	191,16
Lozoyuela	309,74	199,76
La Cabrera	307,49	198,31
Nava de Buitrago	-	-
Sieteiglesias	-	-
El Berrueco	271,81	175,3
Cervera de Buitrago	251,55	162,23
Paredes de Buitrago	-	-
Berzosa del Lozoya	231,10	149,04
Serrada de la Fuente	-	-
Robledillo de la Jara	240	154,78
Total Sierra Pobre	375,91	242,43
Total Sierra Pobre Canal Isabel II *	431,26	278,13
Móstoles	555,93	358,54
Fuenlabrada	465,25	300,05
Parla	496,89	319,82
Pinto	451,06	390,90
Dotación media	331,41	213,77

\* Contando con los pueblos que ya son abastecidos.

4.13.C. El consumo en el área abastecida por el Canal en 1.979.

Según una reciente publicación de la Cámara de Comercio e Industria de Madrid (16), el consumo de Madrid capital fue el del Cuadro adjunto:

CANAL DE ISABEL II

CONSUMO DE AGUA EN MADRID CAPITAL, SEGUN FACTURACION DEL AÑO 1979 EN METROS CUBICOS

Epoca	Domiciliarios	Industriales	Centros públicos	TOTAL
Trimestre 1.º	45.209.577	20.007.414	10.240.422	75.457.413
Trimestre 2.º	38.911.900	16.887.736	9.309.606	65.109.242
Trimestre 3.º	40.372.865	18.783.525	11.548.314	70.704.704
Trimestre 4.º	36.672.444	19.280.708	9.878.753	65.831.905
<b>Total</b>	<b>161.166.786</b>	<b>74.959.383</b>	<b>40.977.095</b>	<b>277.103.264</b>
	58%	27%	15%	100%

	Metros cúbicos	%
Agua facturada	277.103.264	74,2
Agua no facturada	96.094.531	25,8
Aportación al término municipal de Madrid	373.197.795	100

Fuente de su información: Canal de Isabel II.

Fuente: Cámara de Comercio.

Similar o con pocas variaciones respecto a los años 1.976 y 1.977, únicamente ha habido aumento en el total ya que la aportación ha crecido en 20 Hm<sup>3</sup>.

Sin embargo para el total del área abastecida los datos cambian: La población de Madrid y su alfoz se estima en cuatro millones de personas con un consumo anual de 443,7 Hm<sup>3</sup>, lo que da una dotación de 301 l/hab. y día. Según la evolución registrada y publicada por el Canal de Isabel II en estos últimos dos años se observa un estan-

camiento, incluso descenso, en el consumo "per cápita" estabilizándose en una cifra próxima de 300 litros por habitante y día.

Ha habido un crecimiento ligero del consumo en  $\text{Hm}^3$  pero la dotación sigue estancada. De forma que el Decenio 69-79, ha permanecido estable. con algún ligero descenso, tal como en otros puntos he referido.

En lo que se refiere a Madrid capital, en el cuadro figura el consumo de agua, según los diferentes usos, observándose un ligero descenso al pasar de 278,6 millones en 1.978 a 277,1 millones de metros cúbicos en este año. Por otro lado, se observa un cambio en la estructura de dicho consumo, disminuyendo la facturación para usos industriales de 79,4 millones de metros cúbicos en 1.978 a 77,4 en 1.979.

La aportación al término municipal de Madrid fue de 373,2 millones de metros cúbicos de los cuales 96,1 millones correspondían al agua no facturada.

Según los datos facilitados por el Canal de Isabel II el agua facturada durante el año 1.979 ascendió a 337 millones de metros cúbicos, con un ligero incremento de 0,1 por ciento sobre el año anterior. El agua facturada para usos domésticos para el conjunto de los municipios servidos por el Canal de Isabel II aumentó en un 2,1 %, mientras que el consumo industrial, por el contrario, tuvo un descenso del 5,6 %.

Los municipios con mayor consumo de agua, además de Madrid, son Leganés con 8,3 millones de metros cúbicos, con un incremento sobre el año anterior del 15,3 %; Getafe con 8 millones de metros cúbicos y un incremento del 5,3 % respecto al año anterior, y Alcorcón con 7,7 millones de metros cúbicos y un aumento del 8,4 %.

## AGUA FACTURADA DURANTE EL AÑO 1979

MUNICIPIOS	Usos domésticos — Metros cúbicos	Usos in- dustriales — Metros cúbicos	Servicios públicos — Metros cúbicos	Convenios especiales — Metros cúbicos	TOTAL — Metros cúbicos
Madrid .....	158.174.954	77.438.205	46.712.289	42.862	282.368.310
Alcobendas .....	4.974.534	1.244.500	256.567	—	6.475.601
Alcorcón .....	1.765.149	1.650.986	4.303.213	—	7.719.348
Algete .....	—	—	36.867	—	36.867
Boadilla del Monte .....	—	15.329	—	21.097	36.426
Buitrago del Lozoya .....	—	812	180.711	73.759	255.282
Cabanillas de la Sierra .....	—	—	—	13.014	13.014
Colmenar Viejo .....	25.032	65.832	1.304.180	135.099	1.530.134
Coslada .....	1.789.873	2.100.110	326.969	—	4.216.952
Espartal (El) .....	—	—	4	8.952	8.956
Getafe .....	4.515.955	2.536.293	972.104	—	8.024.352
Guadalix de la Sierra .....	—	—	—	68.111	68.111
Leganes .....	5.425.973	2.274.992	594.423	—	8.295.388
Majadahonda .....	731.741	247.968	298.509	366.988	1.645.206
Manjirón .....	4.746	—	—	—	4.746
Mejorada del Campo .....	163.269	47.751	256.452	194.113	661.585
Molar (El) .....	—	—	204.427	49.100	253.527
Paracuellos del Jarama .....	—	—	—	180.930	180.930
Patones .....	—	—	—	24.984	24.984
Pedrezuela .....	—	66.591	—	—	66.591
Pinto .....	—	—	—	29	29
Pozuelo de Alarcón .....	910.994	787.474	1.716.420	—	3.414.888
Redueña .....	—	—	—	—	—
Rozas (Las) .....	146.982	69.607	23.352	405.081	645.022
San Agustín de Guadalix .....	5.106	9.241	—	141.163	155.510
San Fernando de Henares .....	694.773	297.567	121.271	—	1.113.611
San Sebastián de los Reyes .....	1.483.555	490.943	189.742	—	2.164.240
Talamanca .....	—	—	400.751	—	400.751
Torrejón .....	—	—	1.844.504	4.961.640	6.806.144
Torrelaguna .....	99	—	—	—	99
Torremocha .....	—	—	14.705	—	14.705
Uceda .....	—	—	—	25.353	25.353
Valdetorres .....	—	—	146.300	—	146.300
Valdepeñas de la Sierra .....	—	—	—	16.440	16.440
Velilla de San Antonio .....	1.304	—	—	115.799	117.103
Vellón (El) .....	—	2.044	—	71.591	73.635
Venturada .....	—	—	203.270	—	203.270
TOTAL .....	150.814.039	89.346.245	60.107.030	6.916.096	337.183.410

Fuente: Canal de Isabel II.

Fuente: Cámara de Comercio.

Prácticamente con ligeras variaciones y pocos cambios importantes se repiten las variables de 1.976 y 1.977, (explicadas con anterioridad) aparecen nuevos pueblos como son Boadilla del Monte, Cabanillas de la Sierra, Paracuellos y Pinto que no estaban incluidos en los puntos anteriores y por ejemplo Alcorcón tiene menor consumo que en 1.977 que era 15 Hm<sup>3</sup>, pero indiqué que se trataba de agua facturada cuyo cobro se produce en fechas determinadas de forma glo-

bal y es posible que Alcorcón hubiese pagado agua facturada de años anteriores.

Por otro lado, y esta es la principal variación, los pueblos del Área han aumentado su consumo extraordinariamente, mientras que Madrid permanece estabilizado. Alcobendas aumenta  $0,7 \text{ Hm}^3$ , Coslada  $1 \text{ Hm}^3$ , Getafe  $0,5 \text{ Hm}^3$ , Leganés  $3 \text{ Hm}^3$ , Majadahonda  $1 \text{ Hm}^3$ , Las Rozas  $0,5 \text{ Hm}^3$ , San Sebastián de los Reyes  $0,5 \text{ Hm}^3$ , Torrejón  $4 \text{ Hm}^3$ , etc. Todos estos municipios son los que tienen en la actualidad una dinámica de crecimiento más explosiva, duplican algunos o triplican sus consumos. y son los que plantean mayores problemas, por su crecimiento excesivamente rápido y por la rapidez con que se produce, forzando en cierta medida la capacidad de las instalaciones periféricas. En definitiva, el consumo del área de abastecida ha aumentado de  $50 \text{ Hm}^3$  a  $55 \text{ Hm}^3$ . Ha habido municipios que se han estabilizado en su consumo o que han disminuido, por ejemplo Alcorcón (que daba una cifra superior en tres veces a la real de  $5 \text{ Hm}^3$  a  $15 \text{ Hm}^3$ ), pero esta disminución es mínima.

Sin embargo, el consumo industrial de los pueblos aumenta de forma ligera en casi todos ellos y confirma las apreciaciones vistas con anterioridad.

Notas 4.1.3.

- (1) SERVICIO SINDICAL DE ESTADISTICA: "Las comarcas de la provincia de Avila" Organización Sindical. Madrid, 1.976.
- (2) CANTO FRESNO, C. del: "La segunda residencia en el Valle del Tietar". Tesis Doctoral. Inédita, comunicación verbal.
- (3) SERVICIO SINDICAL DE ESTADISTICA: "Las comarcas de la provincia de Guadalajara". A.I.S.S. Madrid 1.977.
- (4) SERVICIO SINDICAL DE ESTADISTICA: "Las comarcas de la provincia de Segovia." A.I.S.S. Madrid, 1.977.
- (5) SERVICIO SINDICAL DE ESTADISTICA: " Las comarcas de la provincia de Toledo". A.I.S.S. Madrid, 1.977 pág. 249 y ss.
- (6) ALONSO FERNANDEZ, J.: "Guadalajara, Serranías, Páramos y Campiñas. I.G.A. C.S.I.C. Madrid, 1.976, 3 vols.
- (7) CANTO FRESNO, C. del : Op. cit. nota 2.
- (8) BANCO BILBAO: " La Renta Nacional y su distribución provincial en 1.975. pág. 34.
- (9) ALONSO FERNANDEZ, J.: Op. cit.
- (10) DIAZ MORENO, J.L.: "La casa en Toledo". Estudio Geográfico. Tesis Doctoral. Inédita. Comunicación verbal.
- (11) Diario YA, 15-VII-1.976.
- (12) Revista "CIUDADANO" Agosto 1.979, pág. 59.
- (13) SERVICIO SINDICAL DE ESTADISTICA: "Las comarcas de la provincia de Madrid". Madrid. A.I.S.S. 1.977. pág. 191 y ss.



(14) SERVICIO SINDICAL DE ESTADISTICA: "Las comarcas de la provincia de Madrid". op. cit.

(15) CANAL DE ISABEL II: " Memoria 1.977". M.O.P.U. Madrid 1.977. En esta nota adjunto copia de los presupuestos.

(16) CAMARA DE COMERCIO E INDUSTRIA DE MADRID: "La economía de Madrid en 1.979. Madrid, 1.980.págs. 190 y ss.

4.1.4a. La Sociedad Hidráulica Santillana y otros sistemas de abastecimiento en la provincia de Madrid.

La Sociedad Hidráulica Santillana se fundó el 20 de enero de 1.905 por el Marqués de Santillana con la creación del Embalse de Santillana (1) en el río Manzanares, cerca de La Pedriza y del Pueblo de Miraflores de la Sierra. Se terminó en 1.908 y es una presa de perfil parabólico en el paramento aguas abajo y vertical aguas arriba con una altura de 10 m. sobre el lecho y una longitud de coronación de 145 m. con forma acastillada de indudable belleza. El sistema se veía complementado con dos saltos de agua, el de Navallar y la Marmota y con un contraembalse, El Grajal. La capacidad primitiva era de 3 m<sup>3</sup>/seg.

Los fines de la sociedad eran múltiples: 1º abastecer las partes altas de Madrid, ya que el depósito estaría 40 m. más alto que el del Canal de Isabel II, con lo que se podría urbanizar todo el Norte de la ciudad, desde Moncloa hasta la Ciudad Lineal, con lo que se impediría el desarrollo urbano anárquico. 2º. Evitar las aguas turbias del Lozoya y auxiliar al Canal en caso de avería. 3º. Corregir tanto las inundaciones como los estiajes del Manzanares aguas abajo de la presa. 4º. Convertir en regadío las márgenes del río en las cercanías de Madrid, regando 8.000 Has. 5º. Aprovechar la fuerza hidráulica y 6º. Creación de zonas deportivas y de un canal navegable.

La concesión a la Hidráulica se realizó de forma irregular sin ajustarse a los requisitos legales de la época; y el enfrentamiento fue constante con el Canal, que se defendía con la publicación en varias de sus memorias de argumentos en contra de la sociedad Hidráulica, que a su vez se oponía a la ampliación del Canal y a la construcción de nuevos canales, en especial el Canal Alto. El enfrentamiento desapareció con la Segunda República que fusionó las dos sociedades creando la Sociedad y Canales del Lozoya. El pueblo madrileño estuvo siempre a favor del Canal, ya que el agua de esta compañía era más es-

timada. Como dato anecdótico baste decir que la Ciudad Lineal tenía un factor negativo que era en opinión de los madrileños que se abastecían de la Hidráulica, cuya agua era de peor calidad que la del Canal.

Por Decreto de 7 de septiembre de 1.963 (2) (2.459/63) se autorizó al Canal la compra de las acciones de la Sociedad Hidráulica. La fusión se aprobó por decreto de 25 de Febrero de 1.965 (3) (426/65). La incorporación a la red del Canal de Isabel II con el recrecimiento de la primitiva presa, cuya capacidad es ahora de  $91 \text{ Hm}^3$  de la que se deriva un Canal de 7,5 Km y  $4,7 \text{ m}^3/\text{seg.}$  de capacidad que acaba en el salto de Navallar, donde existe un contraembalse del Grajal que da origen a una central, allí continúa hasta el punto llamado Origen, donde se vertían los sobrantes del abastecimiento a la central de la Marmota, hoy en desuso, ya que todo ese caudal se emplea ahora en la red del Canal y el Origen se convirtió en estación de cloración hasta que se construyó la estación de tratamiento de pie de presa Santillana nº 4. La conducción hasta el depósito del Valdelatas es de 15 Km. con cuatro sifones: Valdegodinos, Tejada, las Jarillas y el Goloso. En esta conducción se encuentra con el Canal alto del Lozoya, donde vierte hasta  $4,6 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , a partir de este punto su capacidad es de  $2 \text{ m}^3/\text{seg.}$  hasta Valdelatas cuyo depósito tiene una capacidad de  $34.400 \text{ m}^3$ . De aquí la conducción continúa hasta los depósitos del olivar en Fuenca-rral de  $44.200 \text{ m}^3$  de volumen, del que se derivan las tuberías que abastecen al polígono industrial de la carretera de Francia, Fuenca-rral y Peñagrande. Además del Olivar salen las tuberías que abastecen la Castellana, Cuatro Caminos, Tetuán, El Viso, etc. Distribuye en su zona  $0,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y la diferencia de caudal se utiliza para abastecer el barrio de Salamanca hasta Manuel Becerra existiendo una conexión en el Paseo de Ronda. La media de abastecimiento es de  $10 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , aunque después del recrecimiento de la presa y de las mejoras establecidas por el Canal de Isabel II el agua abastecida

varía entre 50 y 100 Hm<sup>3</sup>/año, este último dato de forma excepcional, de los que quedan para el Canal de 30 a 70 Hm<sup>3</sup>/año y en torno a 20 Hm<sup>3</sup>/año para los 8.000 abonados de la Hidráulica.

#### 4.1.4b. Abastecimiento de agua a los pueblos de la sierra.

La junta de abastecimiento de agua a los pueblos de la sierra de Guadarrama se creó en 1.964 dependiendo de la Dirección General de Obras Hidráulicas (4). Se creó esta mancomunidad por la ausencia de manantiales de gran caudal en la sierra y por la influencia que la capital ejerce sobre estos núcleos en verano, ya que la afluencia de veraneantes triplica los efectivos de población. Los municipios abastecidos son:

Municipios	Plan Nacional de abastecimiento y saneamiento	INE 1.975.
San Lorenzo del Escorial	6.937	8.504
El Escorial	3.798	4.136
Guadarrama	3.754	4.352
Los Molinos	1.327	2.162
Cercedilla	3.639	3.606
Navacerrada	625	959
Becerril	910	1.327
Boalo	936	1.139
Moralzarzal	779	1.165
Collado Mediano	1.121	1.251
Alpedrete	1.016	2.017
Collado Villalba	6.266	11.728
Hoyo de Manzanares	2.631	1.786
Galapagar	2.601	4.942
Colmenarejo	641	1.341
Valdemorillo	1.408	1.734
Torrelodones	1.676	2.193
Las Rozas (Canal Isabel II)	3.185	7.749
Majadahonda (Canal Isabel II)		9.964
	43.650	72.060

Fuentes: Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento. MOP. Madrid, 1.966. Junta de Abastecimientos de Agua a los pueblos de la provincia de Madrid. MOP, Madrid, 1965

Pérez Regodón, J. Gufa Geológica... Memoria del IGME Madrid, 1.970, Tomo 76, pág. 22.

INE: Poblaciones de hecho y de derecho de los municipios españoles. Padrón, 1.975. Madrid, 1.977, págs. 110 y ss.

La dotación media (5) debería estar entre 200-400 l./hab. y día y un consumo de 31,8 Hm<sup>3</sup>/año. Para lo cual fue preciso regular las cuencas de los ríos Navacerrada-La Jarosa y la Aceña, cuyas aportaciones medias anuales son de 23,7 Hm<sup>3</sup>/año, 14,4 Hm<sup>3</sup>/año y 30,2 Hm<sup>3</sup>/año. Estos ríos están regulados por las siguientes presas:

Navacerrada: Tiene una capacidad de 11.044.520 m<sup>3</sup>. Es una presa de gravedad de planta curva con vertedero en coronación para 240 m<sup>3</sup>/seg. con tres metros de lámina. Tiene 47 m. de altura y 481 m. de longitud en coronación, está situada en las cercanías del pueblo de Navacerrada.

La Jarosa: Presa de gravedad y planta recta, con vertedero de coronación para 240 m<sup>3</sup>/seg. con tres metros de lámina. Su capacidad es de 7.181.700 m<sup>3</sup>, y la altura de la presa es de 54 m. desde cimientos, va provista de un cierre lateral, también de gravedad y planta recta de 12 m. de altura desde cimientos. Su longitud es de 180 m.

Navalmedio: Presa de gravedad de 41 m. de altura desde cimientos, de planta recta con vertedero de coronación para 160 m<sup>3</sup>/seg. y con 3 m. de lámina. El embalse tiene una capacidad de 750.000 m<sup>3</sup> con un cierre lateral de 12 m. de altura sobre cimientos. Presas de los ríos La Venta y Pradillo: consisten en obras de derivación con presas de 10 m. de altura para trasvasar los caudales de invierno de estos ríos al embalse de navacerrada a través de Navalmedio.

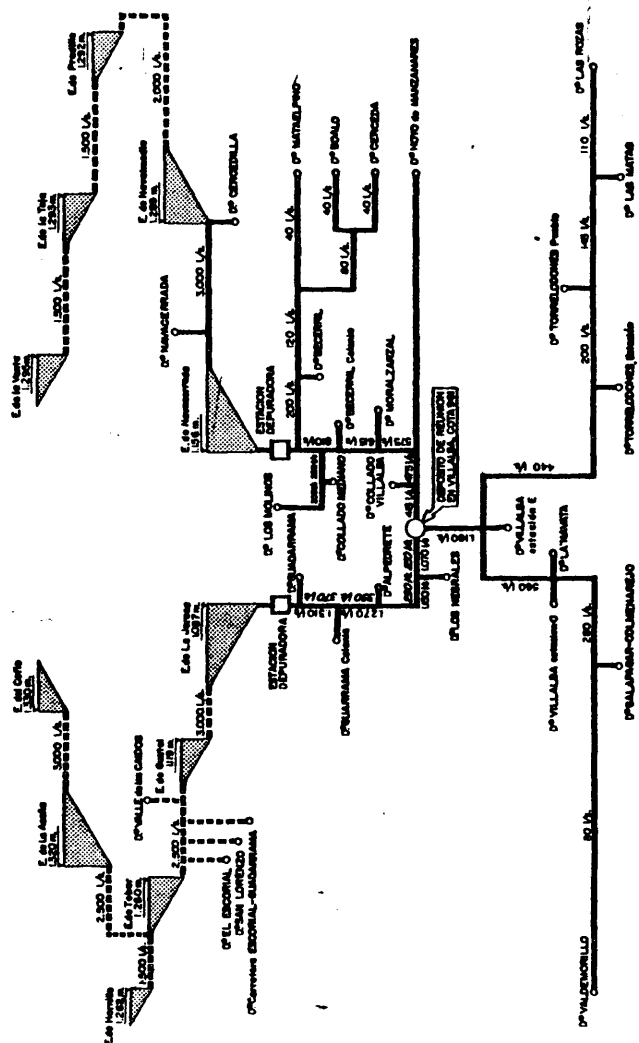
Presas del Guatel, El Tovar y El Hornillo: la primera de 15 m. de altura y las otras de 10 m. para trasvasar agua de estos ríos a la Jarosa. Presa del río Cofio de 1.600.000 m<sup>3</sup> de capacidad para trasvasar agua del enlace de la Aceña que está cercano a Peguerinos.

## Las conducciones mas importantes:

	Caudal m <sup>3</sup> /seg.	longitud en metros
Navalmedio-Navacerrada	3	4.481
Navacerrada-Villalba	1,05-0,41	12.399
La Jarosa-Villalba	0,47-0,25	10.986
Navacerrada-Los Molinos	0,28-0,20	5.777
Becerril-Matalpino		
Boalo y Cerceda	200-80 l./seg.	6.250
Villalba-Torrelodones	1,16-0,2	8.058
Villalba-Valdemorillo	0,56-0,08	15.910
Torrelodones-Las Rozas	0,15-0,12	11.280
Ramales a Hoyo, Galapagar, Colmenarejo, La Navata, Alpedrete, Cerceda, Boalo, Torrelodones y Cercedilla		17.000
Total		92.141 metros.

Existen también depósitos reguladores como se puede apreciar en el gráfico y mapa adjuntos y estaciones depuradoras con capacidad para 31,5 m.<sup>3</sup>/seg. Con todo, se podrá abastecer a una población de hasta 500.000 personas en verano con dotaciones en esta estación de 400 l./hab, y día que supone el 36/ del total anual mientras que en invierno la cifra puede bajar a 200 l./hab. y día. En conjunto el área está bastante bien abastecida como se puede apreciar en el punto 4.1.3. en el que se ve como la comarca de Guadarrama aparece con valores elevados sobre el promedio.

En la actualidad el consorcio de abastecimiento y saneamiento a los pueblos de la Sierra CASRAMA, es un organismo integrado por 19 ayuntamientos, la Diputación Provincial, el MOPU y dos representantes de la Confederación Hidrográfica del Tajo. El total abastecido por las tres presas fundamentales del sistema es de 12.000.000 millones de m<sup>3</sup>/año y faltan algunos proyectos por realizar.



NOTA-LOS NUMEROS INCLINADOS SEÑALAN LA CAPACIDAD INICIAL EN LA 1ª FASE





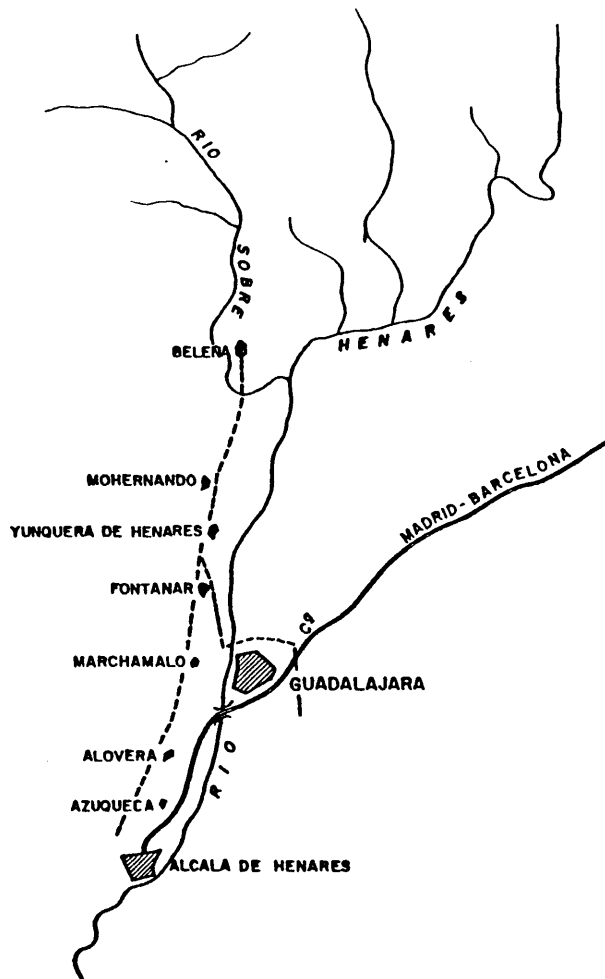
#### 4.1.4c. Otros sistemas de abastecimiento

La comunidad que<sup>a</sup> abastece de aguas del Sorbe, en la que se encuentran los municipios de Alcalá de Henares y Meco en la provincia de Madrid, además de otros pueblos y ciudades de la provincia de Guadalajara y que en la actualidad se surte de la presa-Azud de Beleña y de la presa de Humanes. Existen graves inconvenientes, ya que la presa de Beleña está inacabada y además la población ha variado en Alcalá de Henares de forma inesperada:

AÑOS	Población prevista por el P.N. de Abast.y Saneam.		Padrón 1.975.
	1.960	2.000	1.975
Alcalá de Henares	25.123	100.000	101.416
Meco	910	980	1.079

Con lo que el desabastecimiento es general en verano y se tiene que recurrir al Canal de Isabel II que aporta los caudales necesarios de la misma cuenca del Sorbe (Pozo de los Ramos) para paliar la situación. Además las industrias de productos químicos y farmacéuticos que radican en Alcalá necesitan caudales de agua que ante la escasez de caudal suficiente, toman de acuíferos en el valle del Henares. Existían también problemas de depuración que han sido paliados con la construcción de una estación de tratamiento con técnicas muy modernas y basadas en el empleo de ozono, con métodos similares a los que se emplean en la depuración de aguas de París.

El problema que se suscitó en el pasado debido al impago por parte de la mancomunidad al Canal de Isabel II, pienso que tiene solución en un acuerdo que se establece entre el MOPU y las Diputaciones Provinciales de Guadalajara y Madrid para poner fin a las obras de la Presa de Beleña (7), <sup>sería conveniente</sup> unificar la red del Canal y de la Mancomunidad, con el fin de prolongar la arteria de Torrejón hasta Alcalá y la unificación del sistema del río Sorbe creando un depósito elevado en el Cerro del Viso



TOMA Y CONDUCCION		ACTUAL	FUTURO
		---	La afectos de volar.
VERTIDO			
M.O.P.	DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS		
PLAN NACIONAL DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO			
SITUACION		PLANO DE	
M.O.P.		SITUACION	
Escala Grafica	Dibujado 1966	Aprobado	

para abastecer las comarcas de Alcalá, Guadalajara y Torrejón, completando el sistema con la presa de Muriel y las captaciones subterráneas que son muy abundantes en la cuenca del Henares, donde ya existe un pozo, el de Villamalea, para abastecer a Alcalá de Henares.

Otro de los núcleos más importantes de la provincia es Aranjuez (8) que se abastece de pozos (pozo de la Reina y el Aljibe). Desgraciadamente tienen ambas condiciones físico-químicas especiales y necesitan tratamientos para evitar su dureza, ya que la localización geográfica de los mismos; uno en el valle del Tajo y otro en la Mesa de Ocaña, provoca una fuerte salinidad por bicarbonatos, cloruros y sulfatos.

La Fundación Provincial para Abastecimiento de Aguas Potables de Ciempozuelos y siete pueblos más en la zona Sur, entre los que se encuentran Griñón, Torrejón de Velasco, Torrejón de la Calzada, Pinto, Valdemoro, San Martín de la Vega, Ciempozuelos, Titucia y la fábrica Nacional de "La Marañosa" de Sta. Bárbara (9), constituida en 1.973, se ocupa de la elevación del agua del río Guadarrama desde Batres hasta Griñón, donde se encuentra el depósito general y desde donde parte la red de distribución de los restantes pueblos. El consumo máximo en 1.977 de todas las localidades es de unos 100 l./seg. Desgraciadamente, nos encontramos ante un agua sensible a la contaminación por ser su cauce vertedero de muchos pueblos, urbanizaciones, e industrias que la degradan. La solución que se pretende es que de este abastecimiento se encargue el Canal de Isabel II con la captación de aguas subterráneas a los 300 -400 m. de profundidad.

La abundancia de acuíferos en la provincia, con capacidad de recarga anual superior a los 600 Hms.<sup>3</sup> y una capacidad de embalse subterráneo mayor que la que se pueda tener superficialmente puede ser la solución del futuro abastecimiento de bastantes núcleos de la provincia de Madrid.

En la provincia de Madrid son abastecidos actualmente con aguas subterráneas de forma parcial o total, 85 municipios, con la nada despreciable cifra de 260 hectómetros cúbicos/año, (incluido Madrid, y 220 excluido Madrid), más de la mitad del abastecimiento total anual de Madrid, este hecho significa que las aguas subterráneas son más importantes de lo que algunos autores quieren dar a entender. La fuente de esta información es Coplaco en el Plan de Infraestructuras básicas (10), tomada de la Confederación Hidrográfica del Tajo y de la Diputación Provincial, que realizaron el estudio con encuesta directa a los Ayuntamientos. A este valor hay que añadirle todos los consumos que esta fuente da como inapreciables, que pueden sumar otros cincuenta o sesenta hectómetros<sup>3</sup>/año, lo que daría una cifra total de 300 Hm<sup>3</sup>/año. Sin embargo, todavía (año 1973) existen 25 núcleos sin abastecimiento, así como 60 municipios con abastecimiento insuficiente, y sólo 17 municipios depuran las aguas residuales, hecho este perfectamente visible en los ríos de la provincia. El saneamiento, es decir la red de alcantarillado, es totalmente insuficiente en la mayoría de los pueblos.

## DATOS INFRAESTRUCTURALES ESTIMADOS POR MUNICIPIO

Municipios	Población 1973	Caudales subterráneos (Hm <sup>3</sup> /año)	Ab.	San.	Dep.
Acebeda (La)	112	•	NO	NO	NO
Ajalvir	914	0.9	SI	SI	SI
Alameda del Valle	202	•	I	I	NO
Alamo (El)	1.245	2.4	I	I	NO
Alcalá de Henares	61.815	4	SI	SI	NO
Alcobendas	32.299	7.3	SI	I	NO
Alcorcón	61.365	4.2	SI	SI	NO
Aldea del Fresno	841	3.3	I	I	NO
Algete	1.540	2.9	I	SI	NO
Alpedrete	1.867	•	I	NO	NO
Ambite	468	0.3	I	I	NO
Anchuelo	565	0.7	SI	SI	NO
Aranjuez	29.469	•	I	I	NO
Arganda	13.517	3.9	I	I	I
Arroyomolinos	230	1.6	NO	NO	NO
Atazar (El)	101	•	NO	NO	NO
Batres	217	2.8	I	NO	NO
Becerril de la Sierra	1.056	•	I	I	NO
Belmonte de Tajo	1.235	1.2	SI	I	NO
Berrueto (El)	82	•	NO	NO	NO
Berzosa de Lozoya	320	•	NO	NO	NO
Boadilla del Monte	2.110	4.6	SI	SI	NO
Boalo	1.147	•	I	I	NO
Braojos	172	•	I	NO	NO
Brea de Tajo	635	0.2	I	I	NO
Brunete	1.045	3.8	I	I	SI
Buitrago de Lozoya	799	•	SI	SI	SI
Bustarviejo	1.065	•	I	I	NO
Cabanillas de la Sierra	263	•	I	I	NO
Cabrera (La)	668	•	NO	NO	NO
Cadalso de los Vidrios	2.142	•	I	I	NO
Camarma de Esteruelas	1.090	1.2	I	I	NO
Campo Real	2.094	2.8	I	I	NO
Canencia	488	•	I	NO	NO
Carabancha	1.213	I	I	I	NO
Casarrubuelos	605	0.7	I	I	NO
Ceniceros	2.414	•	I	I	NO
Cercedilla	3.534	•	I	I	NO
Cervera de Buitrago	178	•	NO	NO	NO
Ciempozuelos	9.745	•	I	I	NO
Cobena	491	2.3	I	I	NO
Colmenar del Arroyo	520	•	I	I	NO
Colmenar de Oreja	5.081	4.0	I	I	NO
Colmenarejo	944	•	NO	NO	NO
Colmenar Viejo	12.963	5.0	I	I	NO
Collado-Mediano	1.177	•	I	I	NO
Collado-Villalba	8.558	•	I	I	NO
Corpa	485	2.3	I	I	NO
Coslada	21.519	•	I	I	NO
Cubas	531	1.7	I	I	NO
Chapinería	652	1.6	I	I	NO
Chinchón	4.099	1.8	I	I	NO
Daganzo de Arriba	737	1.1	I	I	NO
Escorial (El)	4.046	•	I	I	NO
Estremera	1.379	1.3	I	I	NO
Fresnedillas	445	•	SI	SI	SI
Fresno de Torote	156	1.8	NO	NO	NO
Fuenlabrada	9.339	5.0	I	I	NO
Fuente el Saz de Jarama	1.052	0.8	I	I	NO
Fuentidueña de Tajo	1.518	•	I	I	NO
Galapagar	4.044	•	I	I	NO
Garganta de los Montes	388	•	I	I	NO
Gargantilla del Lozoya	259	•	I	NO	NO

• Inapreciable

I: Insuficiente

(Continuación)

## DATOS INFRAESTRUCTURALES ESTIMADOS POR MUNICIPIO

Municipios	Población 1973	Caudales subterráneos (Hm <sup>3</sup> /año)	Ab.	San.	Dep.
Gascones	92	*	NO	NO	NO
Getafe	78.000	1	SI	SI	NO
Griñón	1.123	2,2	I	I	NO
Guadalupe de la Sierra	1.403	*	I	I	NO
Guadarrama	3.931	*	SI	SI	NO
Hiruela (La)	66	*	NO	NO	NO
Horcajo de la Sierra	241	*	I	I	NO
Horcajuelo de la Sierra	89	*	NO	NO	NO
Hoyo de Manzanares	1.835	*	SI	I	NO
Humanes de Madrid	1.213	2,5	I	I	NO
Leganés	94.123	4,0	I	I	NO
Loeches	2.166	*	SI	SI	NO
Lozoya	485	*	I	I	NO
Lozoyuela	883	*	I	I	NO
Madarcos	66	*	NO	NO	NO
MADRID	3.247.108	40			
Majadahonda	5.521	3,7	SI	I	NO
Manjirón	278	*	SI	I	NO
Manzanares El Real	1.195	*	I	I	NO
Meco	1.065	*	SI	SI	SI
Mejorada del Campo	3.401	*	I	I	NO
Miraflores de la Sierra	2.125	*	I	I	I
Molar (El)	1.890	1,4	SI	I	NO
Molinos (Los)	1.859	*	I	I	NO
Montejo de la Sierra	257	*	NO	NO	NO
Moraleja de Enmedio		3,9	I	I	NO
Moralzarzal	1.190	*	I	I	NO
Morata de Tajuña	4.047	I	I	I	NO
Móstoles	26.327	5,8	*	I	NO
Navacerrada	877	*	I	I	NO
Navalafuente	179	*	I	I	NO
Navalagamella	521	*	SI	SI	SI
Navalcarnero	6.442	11,6	I	I	I
Navas de Buñuelo (Las)		Forma Municipio con Lozoyuela			
Navas del Rey	892	*	I	I	NO
Nuevo Baztán	181	1,8	I	I	NO
Olmeda de las Fuentes	182	1,4	SI	I	NO
Orusco	726	0,9	I	I	NO
Oteruelo del Valle	152	*	I	I	NO
Paracuellos del Jarama	2.064	10	I	I	NO
Paredes de Buñuelo	270	*	NO	NO	NO
Parla	12.063	2,5	I	I	NO
Patones	519	*	NO	NO	NO
Pedrezuela	568	*	SI	SI	NO
Pelayos de la Presa	533	*	SI	SI	NO
Perales de Tajuña	1.958	1,5	I	I	NO
Pezuela de las Torres	631	3,9	SI	SI	NO
Pinilla del Valle	194	*	I	I	NO
Pinto	11.190	*	I	I	NO
Piñuécar	187	*	NO	NO	NO
Pozuelo de Alarcón	17.154	4	SI	SI	NO
Pozuelo del Rey	286	2,9	NO	NO	NO
Pradera del Rincón	156	*	I	I	NO
Puebla de la Sierra	113	*	NO	NO	NO
Quijorna	456	1,7	SI	SI	SI
Rascafría	1.004	*	SI	I	I
Redueña	101	*	SI	I	NO
Ribatejada	225	1,8	SI	SI	NO
Rivas-Vaciamadrid	921	*	SI	I	NO
Robledillo de la Jara	125	*	NO	NO	NO
Robledo de Chavela	1.589	*	SI	SI	NO
Robregordo	200	*	I	NO	NO

\* Inapreciable  
I: Insuficiente

(Continuación)

## DATOS INFRAESTRUCTURALES ESTIMADOS POR MUNICIPIO

Municipios	Población 1973	Caudales subterráneos (Hm <sup>3</sup> /año)	Ab.	San.	Dep
Rozas de Madrid (Las)	5.743	5,7	I	I	NO
Rozas de Puerto Real	444	.	I	I	NO
San Agustín de Guadalix	964	.	SI	SI	NO
San Fernando de Henares	10.149	.	SI	SI	SI
San Lorenzo de El Escorial	8.305	.	I	I	NO
San Martín de la Vega	4.088	.	I	I	NO
San Martín de Valdeiglesias	4.407	.	SI	SI	SI
San Sebastián de los Reyes	18.366	9,8	SI	SI	NO
Santa Lucía de la Alameda	882	.	I	I	NO
Santorcaz	561	2,6	SI	I	NO
Santos de la Humosa (Los)	1.043	0,7	SI	SI	NO
Serna del Monte (La)	94	.	NO	NO	NO
Serrada de la Fuente	82	.	NO	NO	NO
Serranillos del Valle	342	1,8	SI	SI	NO
Sevilla la Nueva	670	1,8	SI	SI	NO
Sieteiglesias		Forma Municipio con Lozoyuela			
Somosierra	153	.	SI	SI	NO
Soto del Real	762	.	SI	SI	NO
Talamanca de Jarama	750	1	SI	SI	NO
Tielmes	1.930	0,5	I	I	I
Titulcia	843	.	SI	SI	NO
Torrejón de Ardoz	29.694	.	I	I	NO
Torrejón de la Calzada	499	1,3	I	I	NO
Torrejón de Velasco	1.257	1,2	I	I	NO
Torrelaguna	2.410	.	I	I	NO
Torrelodones	1.877	.	SI	SI	NO
Torremocha de Jarama	180	.	NO	NO	NO
Torres de la Alameda	2.285	0,9	SI	SI	SI
Valdaracete	933	3,2	I	SI	NO
Valdeavero	503	0,9	I	I	NO
Valdelaguna	705	1	I	I	NO
Valdemanco	416	.	I	I	NO
Valdequemada	377	.	NO	NO	NO
Valdemorillo	1.590	.	I	I	NO
Valdemoro	7.460	.	I	I	NO
Valdeolmos	365	2,9	I	NO	NO
Valdepiélagos	300	0,8	I	I	NO
Valdetorres de Jarama	885	1,5	I	I	NO
Valdilecha	1.356	2,3	SI	I	NO
Valverde de Alcalá	282	0,5	NO	NO	NO
Vellilla de San Antonio	1.575	.	SI	SI	NO
Vellón (El)	893	.	I	I	NO
Venturada	118	.	SI	NO	NO
Villaconejos	2.885	0,2	I	I	NO
Villa del Prado	2.701	2	I	I	NO
Villalbilla	764	0,7	I	I	NO
Villamanrique de Tajo	733	.	I	I	NO
Villamanta	962	4,1	I	I	NO
Villamantilla	307	1,5	I	NO	NO
Villanueva de la Cañada	649	3,3	I	I	I
Villanueva del Pardillo	616	2,5	I	I	I
Villanueva de Perales	368	2	I	I	NO
Villar del Olmo	534	2,3	SI	SI	NO
Villarejo de Salvanés	3.991	6,0	SI	I	NO
Villaviciosa de Odón	3.112	6,4	SI	SI	NO
Villavieja de Lozoya	273	.	I	NO	NO
Zarzalejo	1.002	.	I	NO	NO

\* Inapreciable

I: Insuficiente

260 u. 1/2

Fuentes: Confederación Hidrográfica del Tajo. Diputación Provincial de Madrid.

Fuente: Coplaco: Plan especial de Infraestructuras básicas de la provincia de Madrid. M.O.P.U. Madrid, 1977.

NOTAS 4.1.4a.b.c.

- (1) Valenzuela Rubio, M.: "Urbanización y crisis rural en la Sierra de Madrid". Inst. de Estudios de Administración Local, Madrid, 1.977, págs. 298-99. El autor hace un resumen de la bibliografía y los datos de archivo utilizados.
- (2) Canal de Isabel II, Memoria 1.951-69, Op. cit. págs. 345.
- (3) Canal de Isabel II, Memoria 1.970-74, Op. cit. pág. 219-220.
- (4) Pérez Regodón, J. Guía Geológica, Hidrogeológica y Minera de la provincia de Madrid, Memoria IGME. N° 76, Madrid, 1.970, pág. 22-23.
- (5) Dirección General de Obras Hidráulicas: Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento, MOP, Madrid, 1.966. Cuenca del Tajo, Anejo 1.
- (6) Dirección General de Obras Hidráulicas. Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento. Op. cit. Anejo 1.
- (7) Información recogida del Diario El País. 3-12-1.979, pág. 27.
- (8) Dirección General de Obras Hidráulicas. Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento. Op. cit. Anejo 1.
- (9) Sanz García, J.M. y Muñoz Muñoz, J.: "El hecho geográfico del agrua en el proceso de industrialización de Madrid". Ponencia presentada al IV Simposio de la Industria y el medio ambiente, celebrado en Madrid los días 18-20 de diciembre de 1.978.
- (10) Coplaco: Plan especial de Infraestructuras básicas de la provincia de Madrid. M.O.P.U. Madrid, 1977.



4.2.1. a Distribución temporal del consumo : Consumo por estaciones y meses.

Los porcentajes de consumo mensual con relación al total anual son variables de unos años a otros, pero a pesar de esta variabilidad, se pueden sacar conclusiones bastante aceptables acerca de la estacionalidad, sobre todo atendiendo a los valores porcentuales medios de consumo mensual en los últimos 39 años (cuadro 1, gráfico 1).

El máximo mensual de consumo se produce en el mes de julio, en este mes el consumo se dispara en más del 75% de los años observados. En los años de posguerra, el máximo se daba en agosto o bien era compartido por el mes de julio, este hecho tiene como explicación el que podía ser el mes más caluroso, y durante la posguerra los madrileños veraneaban en la ciudad y el riego de parques y jardines era más necesario por estar la reserva de agua de los niveles freáticos a cero como consecuencia de la fuerte evapotranspiración de las plantas en los meses de Junio, Julio y Agosto. Ahora bien, a medida que la situación económica ha ido variando favorablemente, Agosto ha descendido en la escala de los meses consumidores, colocándose, a veces por debajo de Septiembre, y en los últimos años, de forma ocasional, por debajo de Junio y Octubre.

El tercer mes de valores porcentuales punta es Septiembre incluso por encima de Junio, tal como queda reflejado en los datos medios de la serie. El verano, es en conjunto, la estación de máximo consumo, con el 27,84% del consumo total en los meses de Julio, Agosto y Septiembre.

Respecto a los mínimos, es Febrero con mucha diferencia,

Cuadro 1 VALORES PROCENTUALES DE AGUA CONSUMIDA MENSUALMENTE EN MADRID. AÑOS 1939-1977

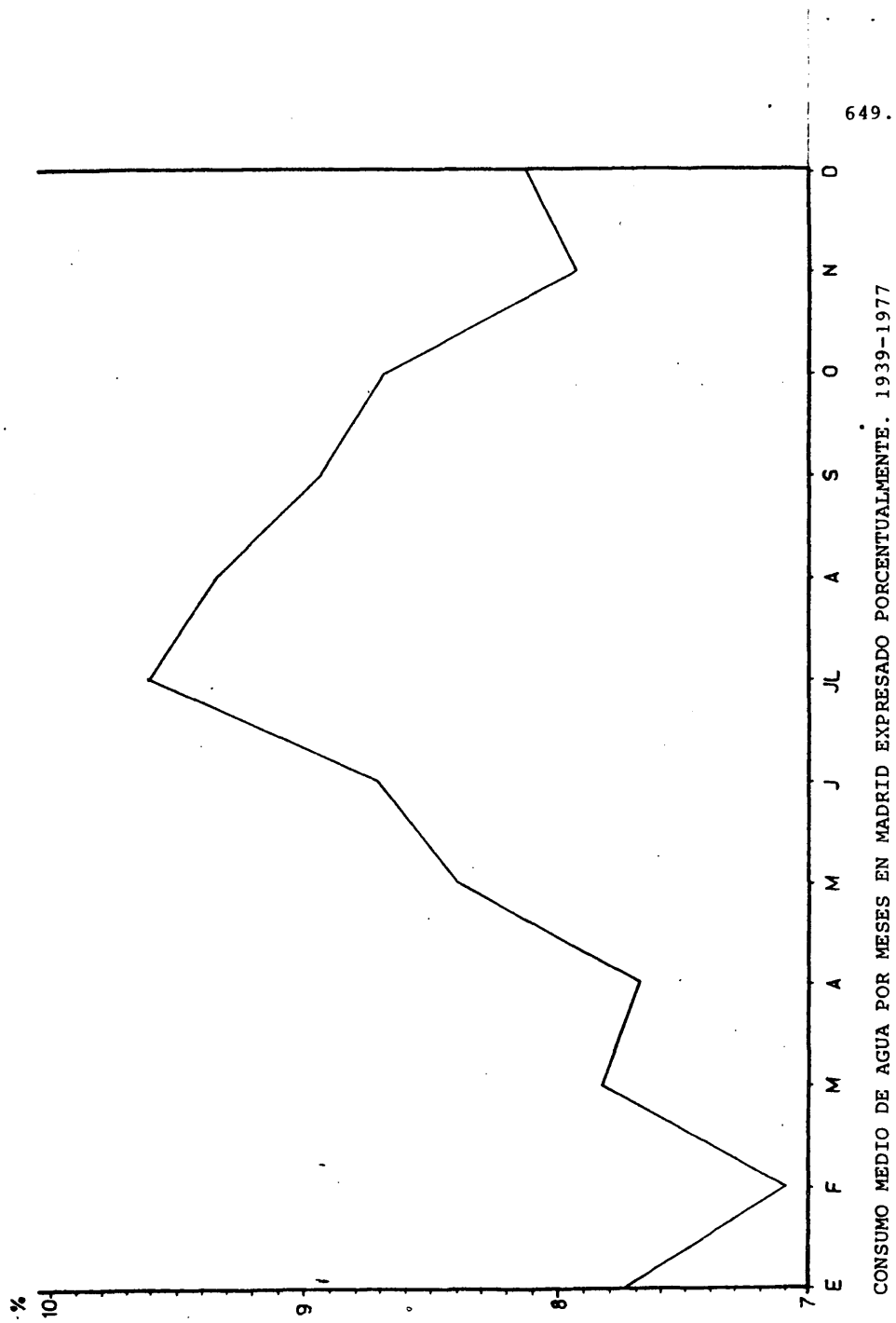
AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1939	6,74	6,35	7,25	7,41	8,43	8,97	10,01	10,2	9,59	8,98	8,07	7,99	100
1940	7,46	7,01	7,79	7,65	8,40	8,62	9,29	9,86	9,36	8,83	7,89	7,85	100
1941	7,66	6,84	7,57	7,25	7,73	8,09	9,54	9,79	9,70	9,56	8,12	8,14	100
1942	7,57	6,69	7,58	7,46	8,27	9,26	10,38	9,96	9,02	8,51	7,57	7,74	100
1943	7,41	6,67	7,39	7,31	8,18	9,13	9,60	9,92	9,02	8,97	8,38	8,03	100
1944	7,30	6,89	7,69	7,51	8,43	9,01	9,66	9,60	8,99	8,99	7,99	7,94	100
1945	10,26	9,04	10,44	10,57	10,89	8,69	8,57	7,88	7,41	5,14	4,39	6,72	100
1946	7,53	6,82	7,56	7,24	7,63	8,60	9,83	9,82	9,12	9,18	8,41	8,26	100
1947	7,50	6,68	7,36	7,64	8,43	9,36	9,96	9,58	8,77	8,75	8,11	7,87	100
1948	7,74	7,12	8,06	7,82	8,28	9,13	9,85	9,80	9,38	9,21	8,14	5,48	100
1949	8,98	8,19	7,43	6,58	7,71	6,53	9,29	8,80	6,68	7,87	8,82	13,12	100
1950	8,08	7,09	8,11	8,04	8,60	9,05	10,35	10,20	9,31	7,81	5,73	7,62	100
1951	7,58	6,91	7,89	7,85	8,23	8,69	9,69	9,33	8,75	8,80	8,06	8,21	100
1952	7,55	7,06	7,72	7,46	7,99	9,02	9,78	9,45	8,83	8,78	8,14	8,21	100
1953	7,94	7,15	8,29	8,09	9,16	8,45	9,05	9,05	9,19	8,34	7,15	8,14	100
1954	7,49	6,86	7,57	7,40	7,92	8,30	9,49	9,39	9,42	9,45	8,42	8,20	100
1955	7,30	6,50	7,45	7,80	8,54	8,70	10,00	9,80	9,41	8,28	8,25	8,11	100
1956	7,34	6,67	7,28	7,20	8,49	8,92	9,88	9,66	9,06	9,15	8,05	8,30	100
1957	7,56	6,56	7,26	7,31	8,20	8,40	10,04	9,71	9,41	8,89	8,45	8,21	100
1958	7,37	6,71	7,72	7,34	8,73	8,84	9,70	9,71	9,35	8,96	7,97	7,58	100
1959	7,34	6,83	7,51	7,70	8,26	9,04	10,00	9,19	8,53	8,60	8,14	8,83	100
1960	8,60	7,79	8,63	8,39	7,95	8,32	9,16	8,74	8,57	8,26	7,69	7,90	100
1961	7,69	7,16	7,98	7,78	8,86	8,84	9,36	9,14	8,92	8,94	7,91	8,05	100
1962	7,48	6,94	7,45	7,34	8,10	8,50	9,84	9,80	9,30	9,00	8,30	8,00	100
1963	8,54	6,89	7,78	7,52	8,69	9,01	9,51	9,11	8,52	9,10	7,91	8,41	100
1964	7,78	7,02	7,84	7,61	9,33	8,69	9,23	9,77	9,55	8,80	8,04	6,16	100
1965	5,44	7,13	8,19	8,24	8,90	8,47	8,89	8,96	8,50	8,78	9,14	9,37	100
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1967	7,55	6,90	7,79	7,59	8,08	8,42	9,94	9,46	8,95	8,86	8,24	8,21	100
1968	7,88	7,27	7,86	7,13	7,83	8,88	9,71	9,05	8,70	9,05	8,41	8,22	100
1969	8,09	7,43	8,25	7,79	8,07	8,57	9,91	9,42	8,49	8,31	7,80	7,88	100
1970	8,05	7,70	7,78	7,90	8,15	8,76	9,29	8,57	9,08	8,65	8,08	7,99	100
1971	8,01	7,99	7,87	7,50	7,87	8,31	9,33	8,81	9,06	8,94	8,19	8,13	100
1972	8,13	7,56	7,63	7,86	8,43	8,71	9,29	8,82	8,56	8,55	8,23	8,23	100
1973	7,63	6,98	7,79	7,70	8,47	8,78	9,44	9,32	9,05	8,80	8,16	7,89	100
1974	7,79	7,00	7,84	7,53	8,36	8,34	9,38	9,17	9,25	9,11	7,41	8,82	100
1975	7,79	7,06	7,66	8,08	8,46	9,00	9,82	8,75	8,53	8,87	8,03	7,94	100
1976	7,92	7,65	8,37	7,75	8,85	9,20	9,21	8,47	8,43	9,18	7,93	8,05	100
1977	8,28	7,33	8,45	7,33	8,92	8,87	9,04	8,36	9,18	8,47	7,80	7,98	100
TOTAL	293	270	298	291	319	330	364	354	338	329	301	307	3800
MEDIO	7,72	7,12	7,84	7,68	8,41	8,70	9,59	9,33	8,92	8,66	7,93	8,10	100

Fuente: Canal de Isabel II. Memorias: 1945, 1950, 1970, 1974, 1975, 1976 y 1977

Ayuntamiento de Madrid. Resumen Estadístico: 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969.

Elaboración personal.

Gráfico 1



el que da siempre el mínimo porcentaje de consumo, en torno al 7%. Los otros meses de mínimo consumo son los de Abril y el relativo de Noviembre, y digo relativo, porque en Marzo el consumo es menor que en Noviembre, pero superior a Febrero y Abril, que dan los mínimos absolutos del consumo. De forma, que se puede decir que según el valor de los porcentajes de consumo en Madrid existen 7 meses de invierno, 1 de otoño que sería Octubre, 1 de primavera que sería Junio y 3 de consumo veraniego y calor asfixiante: Julio, Agosto y Septiembre.

Durante los siete meses de invierno, el valor porcentual total del período es el 54,8% respecto al consumo total anual medio, es decir inferior en un 4% al que sería normal si todos los meses consumieran igual. Hay un hecho significativo al que no encuentro otra explicación que la climática; y es el descenso del consumo en los meses de Abril y Noviembre. En general, en Abril se consume menos que en Marzo o que en Mayo, y cuando la curva de consumo debería ascender desde Febrero hasta Julio, se produce una extraña inflexión en el mes de Abril, descendiendo el consumo; la única explicación que se me ocurre es que en Abril se produce un máximo pluviométrico, por lo tanto el riego de jardines y otros usos de agua como el riego público y de limpieza de alcantarillado, así como otros usos de agua, no son necesarios, por lo que el consumo desciende. Otro tanto sucedería con Noviembre que es el mes de máxima precipitación en nuestra área de estudio; el consumo de agua debería descender de forma constante de Julio a Febrero, sin embargo se produce un aumento en Diciembre que sigue al descenso de Noviembre, que es al igual que Abril, consecuencia de las precipitaciones. De forma que existe una relación entre el consumo de agua y los meses lluviosos; cuando la precipitación aumenta, el consumo de agua disminuye relativamente. Este hecho se puede comprobar en los Resúmenes Gráficos de los datos diarios de las últimas ediciones de las Memorias Anuales del Canal de Isabel II. El aumento de Diciembre tiene una explicación lógica por las vacaciones de Navidad y en el aumento del consumo relativo

que provocan dichas fiestas en las que aumentan igualmente las relaciones de las familias en sus viviendas. Los caudales máximos son mayores que en Noviembre por este hecho, mientras que los mínimos diarios son menores que los de este mes porque el frío es mayor y existe una relación evidente entre frío y consumo de agua, de forma que a mayor temperatura mayor consumo y viceversa. En conclusión existe una correlación doble; una, la expresada entre el consumo y la temperatura y otra entre el consumo y la cantidad de precipitación que trataré de exponer más adelante.

Examinando con atención el cuadro 1 en el que están reflejados los porcentajes de consumo anual entre 1939 y 1977 se pueden apreciar algunos hechos importantes: el más significativo es la homogeneización de los valores porcentuales entre los meses de máximo y mínimo consumo a través de la serie. Estos valores en los primeros años tenían diferencias del 3,5% en la actualidad se han visto reducidos y se puede apreciar en el (gráfico 2) como en 1942 los valores máximo y mínimo están más exagerados, mientras que en 1970 y 1977, las curvas oscilan en una cuantía menor en este último año, por ejemplo, alrededor del 1%. Este hecho, tiene una significación clara, y hay que relacionarlo con la mejora y extensión de las instalaciones higiénicas, con la generalización del aseo personal, con una mayor frecuencia de éste y fundamentalmente con las mejoras en la distribución de agua.

Otro aspecto que he notado, y que merece una atención especial, es el de las restricciones, por cuanto son notorios los cambios que introduce en los porcentajes de consumo anual; en aquellos años en los que hubo restricciones importantes, de ingrata memoria para los madrileños, 1945, 1948, 1949, 1964 y 1965, los porcentajes de los valores mensuales cambian de valor de forma radical, por ejemplo en 1945 el mes de enero consume un valor porcentual superior al valor porcentual de todos los meses de Agosto hasta 1963. En el gráfico 2 he expresado los

1942 —  
 1949 - -  
 1963 - - -  
 1970 - - -  
 1973 - - -

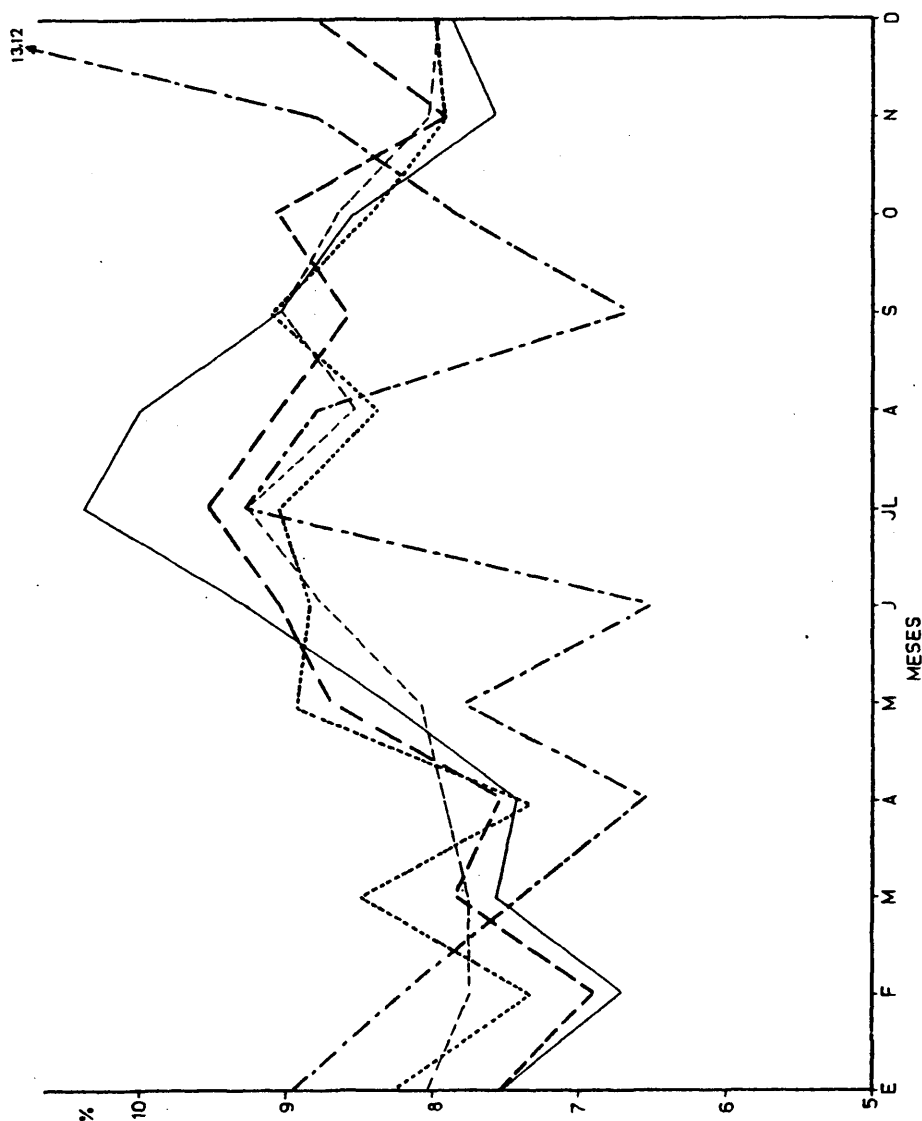


GRAFICO COMPARATIVO DEL CONSUMO DE AGUA EN MADRID POR MESES EN AÑOS SIGNIFICATIVOS Y EXPRESADO PORCENTUALMENTE.

Cuadro 2 Evolución del consumo en Hm<sup>3</sup>. 1939 -1977

AÑOS	MESES												TOTAL
	ENER	FEBR	MARZ	ABRI	MAYO	JUNI	JULI	AGOS	SEPT	OCTU	NOVI	DICI	
1939	6,5	6,1	7,0	7,2	8,2	8,7	9,7	9,9	9,3	8,7	7,8	7,7	97,2
1940	7,7	7,2	8,0	7,9	8,7	8,9	9,6	10,2	9,6	9,1	8,1	8,1	103,6
1941	7,8	7,0	7,7	7,4	7,9	8,3	9,8	10,0	9,9	9,8	8,3	8,3	102,9
1942	7,8	6,9	7,8	7,7	8,5	9,5	10,7	10,2	9,3	8,7	7,8	7,9	103,2
1943	7,8	7,0	7,8	7,7	8,6	9,6	10,1	10,5	9,5	9,4	8,8	8,5	105,9
1944	8,1	7,6	8,5	8,3	9,4	10,0	10,7	10,7	10,0	10,0	8,9	8,8	111,5
1945	8,8	7,7	8,9	9,0	9,3	7,4	7,3	6,7	6,3	4,4	3,7	5,7	86,0
1946	8,2	7,4	8,2	7,9	8,3	9,4	10,7	10,7	9,9	10,0	9,1	9,0	109,4
1947	8,7	7,7	8,5	8,8	9,7	10,8	11,5	11,1	10,1	10,1	9,4	9,1	116,0
1948	8,9	8,2	9,2	9,0	9,5	10,5	11,3	11,2	10,8	10,6	4,3	6,3	115,2
1949	6,4	5,8	5,3	4,7	5,5	4,6	6,6	6,3	4,7	5,6	6,3	9,3	71,6
1950	9,1	8,0	9,2	9,1	9,7	10,2	11,7	11,5	10,5	8,8	6,5	8,6	113,5
1951	9,0	8,2	9,4	9,3	9,8	10,3	11,5	11,1	10,4	10,4	9,6	9,7	119,2
1952	9,6	9,0	9,8	9,5	10,2	11,5	12,5	12,0	11,2	11,2	10,4	10,4	127,8
1953	10,3	9,2	10,7	10,4	11,8	10,9	11,7	11,7	11,9	10,8	9,2	10,5	129,7
1954	10,5	9,6	10,5	10,3	10,9	11,6	13,3	13,1	13,2	13,2	12,2	11,5	140,3
1955	11,1	9,9	11,4	11,9	13,0	13,3	15,2	14,9	13,3	12,6	12,5	12,3	151,7
1956	12,0	10,9	11,9	11,8	13,9	14,6	16,2	15,8	14,8	14,9	13,2	13,6	164,0
1957	12,8	11,1	12,3	12,4	13,9	14,3	17,1	16,5	16,0	15,1	14,3	13,9	170,3
1958	13,5	12,2	14,1	13,3	15,9	16,2	17,7	17,8	17,0	16,4	14,5	13,8	183,3
1959	14,6	13,5	14,9	15,3	16,4	17,9	19,8	18,2	16,9	17,1	16,1	17,5	198,9
1960	18,6	16,9	18,7	18,2	17,2	18,0	19,9	19,0	18,6	17,9	17,6	17,1	217,3
1961	17,5	16,3	18,2	17,7	19,8	20,1	21,3	20,8	20,3	19,3	18,0	18,3	228,1
1962	18,2	16,2	18,1	17,8	19,7	20,7	23,9	23,8	22,6	21,8	20,2	19,4	243,0
1963	19,3	17,6	19,9	19,2	22,2	23,4	24,4	23,3	21,8	23,3	20,2	21,5	256,4
1964	21,4	19,8	21,5	20,9	25,6	23,9	25,3	26,8	26,2	24,2	22,1	16,8	275,0
1965	15,0	19,7	22,6	22,8	24,6	23,4	24,6	24,8	23,5	24,3	25,3	25,9	277,0
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	328,2
1967	27,1	24,8	28,0	27,3	29,0	30,2	35,7	34,0	32,2	31,8	29,6	29,5	359,8
1968	29,1	26,8	29,0	26,3	28,9	32,8	35,8	33,4	32,1	33,4	31,0	30,3	369,4
1969	30,4	27,9	31,0	29,3	30,3	32,2	37,2	35,4	31,9	31,2	29,3	29,6	376,1
1970	30,0	28,7	29,0	29,5	30,4	32,7	34,7	32,0	33,8	32,3	30,2	29,8	373,6
1971	31,1	28,0	30,5	29,1	30,5	32,2	36,2	34,1	35,1	34,7	31,8	31,5	388,2
1972	32,7	30,4	30,7	31,7	30,4	35,1	37,4	35,5	34,5	34,4	33,1	33,2	402,3
1973	32,8	30,0	33,5	33,1	36,4	37,8	40,6	40,1	38,0	37,8	35,1	33,9	430,6
1974	33,4	33,0	33,6	32,3	35,8	35,7	40,2	39,3	39,7	39,1	31,7	37,8	429,2
1975	33,7	30,6	33,2	35,0	36,6	39,0	42,6	37,9	37,0	38,4	34,8	34,4	433,8
1976	34,7	33,5	36,6	33,9	38,8	40,3	40,3	37,1	36,9	35,8	34,7	35,2	438,2
1977	35,2	31,2	35,9	31,1	37,9	37,7	38,4	35,5	39,0	36,0	32,2	33,9	425,6

Fuente: Canal de Isabel II. Memoria: 1945, 1950, 1970, 1974, 1975, 1976 1977.

Ayuntamiento de Madrid. Resumen estadístico: años 1941-1965 y 1967-1976.

Elaboración personal.

valores porcentuales del año 1949 para que se apreciase igualmente este fenómeno. El mes de Enero tiene un porcentaje sobre el total mayor que Junio y Septiembre. En Diciembre, ya se había normalizado el consumo después de las lluvias de otoño; el porcentaje se eleva al 13,12% , cifra insólita que no tiene parangón en ningún mes de los 19 años del cuadro 1. Es más, el mes de febrero que es el de menor consumo en todos los años de la serie, en este año supera a Abril, Marzo, Junio, Septiembre y Octubre. Los consumos de los meses veraniegos de Junio y Septiembre, están por debajo del mes de Noviembre en valores porcentuales. Estos fenómenos se aprecian también en el otoño de 1948, y sobre todo en Diciembre del mismo año. Generalmente las restricciones, según los porcentajes, afectan a los meses otoñales, o de cierre y comienzo del año hidráulico.

En el cuadro 2 se puede apreciar el aumento constante que ha tenido el agua en Madrid y en el área de influencia del Canal de Isabel II en los últimos 39 años. He establecido unas divisiones en épocas históricas que están en función del crecimiento del consumo en  $\text{Hm}^3/\text{año}$ .

La primera época sería el año 1939, año de puesta en funcionamiento de un mecanismo maltratado por la Guerra Civil que si bien no afectó a conducciones ni embalses si tuvo importantes repercusiones negativas en el material y en las infraestructuras urbanas. A pesar de todo el incremento anual con relación a 1940 fue del 6,5%.

La segunda etapa es la de los años 40 hasta 1951, que podríamos denominar de "Autarquía", el consumo es constante en torno a los  $110 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , y en la que el consumo varía en gran medida en función de las condiciones climáticas, no obstante, se produce un aumento del consumo bastante débil y con importantes fluctuaciones interanuales provocadas por las sequías.



La tercera etapa es de crecimiento constante; unas veces forzado por el aumento de la población que desbordó todas las previsiones, inmigración que se localiza en el período de 1952 a 1973 y otras por el incremento en el consumo de agua y que simbólicamente podía dividirse en dos etapas; una de aumento poblacional y otra de aumento de calidad de vida y que de algún modo están relacionadas; es decir, el aumento del consumo es debido en ocasiones a los incrementos de población que por fuerza obligan a aumentar las aportaciones hídricas, y otras veces son las mejoras en el nivel de vida operado de forma cuantitativa en estos años, con el consiguiente aumento de la dotación por persona y día, las que provocan la necesidad de incrementar los caudales abastecidos. En este período el crecimiento medio anual se sitúa en torno al 7%.

Por último, en la actualidad nos encontramos en un período de estabilidad en el que el consumo aumenta en pequeñas cantidades e incluso decrece ligeramente. Este período va del año 1973 al 1977 y es consecuencia directa de la crisis económica que atravesamos.

Cuadro 3. Incremento porcentual por épocas

Períodos	Incremento total	Incremento anual
1939-1940	6,5%	6,5%
1940-1951	15,7%	1,4%
1951-1962	90,1%	8,2%
1962-1973	77,2%	7,0%
1973-1977	+ 4%, - 2%	- 0,5%

Fuente: Muñoz Muñoz, J. : El abastecimiento de agua a Madrid.

Comunicación presentada en las Primeras Jornadas de estudio de la Provincia de Madrid. 17-19 de Diciembre de 1979. Excm<sup>a</sup>. Diputación Provincial de Madrid.

En cualquier caso, el Canal siempre ha procurado satisfacer la demanda con aportes de caudales suficientes para tener un

margen de confianza; únicamente en algunos meses de los años 1939, 1945, 1948, 1949, 1950, 1964 y 1965, las previsiones se han visto desbordadas por otras causas, como las poblacionales y en menor medida y a gran distancia por motivos técnicos.

Respecto al aumento que ha sufrido el consumo de agua en el período 1939-1977 he calculado la recta de regresión lineal y los valores obtenidos son:

$$y = -386,15 + 10,58x ; r^2 = 0,91$$

Siendo "x" los años expresados en unidades y decenas, e "y" el número de hectómetros cúbicos consumidos. Pero sin duda el ajuste más perfecto es el de tipo exponencial recogido después de varios ensayos en el que:

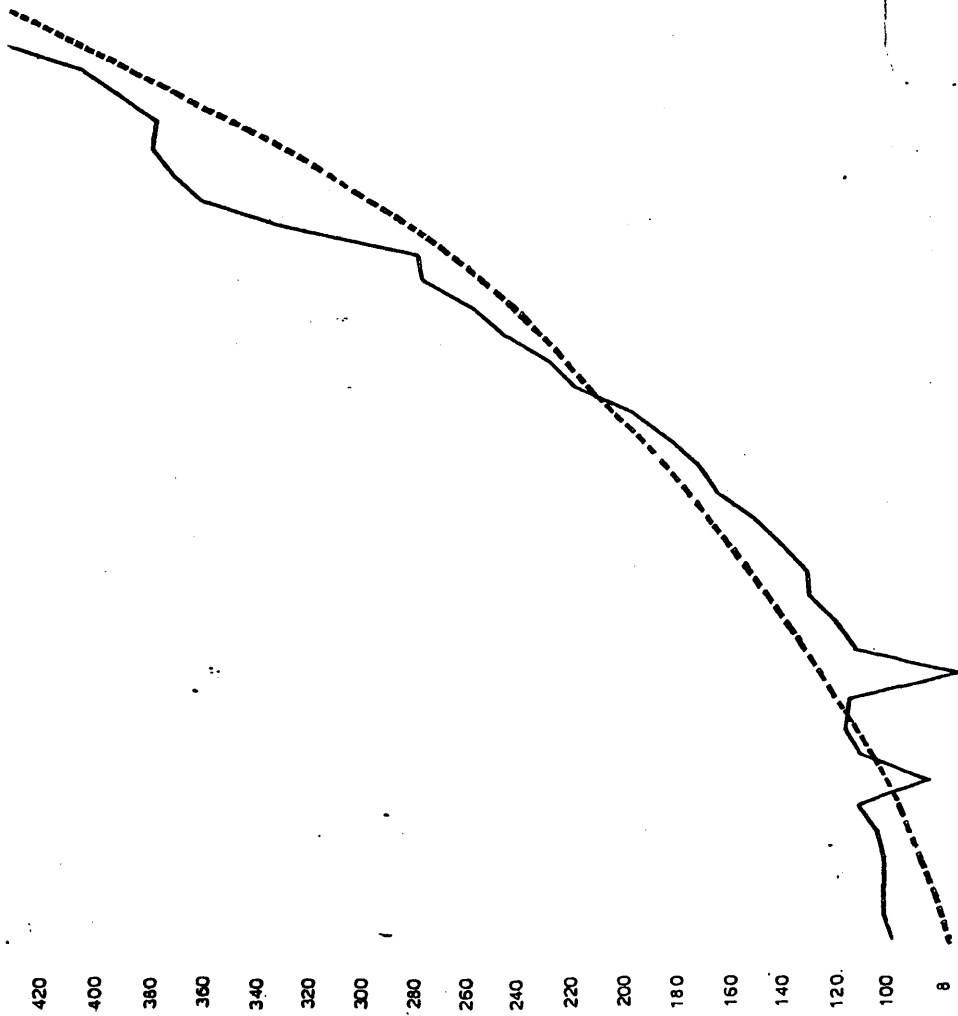
$$y = 11,58 e^{0,05x} ; r^2 = 0,93$$

Siendo "x" e "y" los mismos valores que en el caso anterior. En el gráfico se puede apreciar como la curva exponencial se ajusta bastante a los valores reales.

Se ve como el consumo sigue la curva teórica con unas pautas de comportamiento que son las siguientes. Cuando aparece algún momento de crisis los puntos reales están por debajo de la curva teórica, y cuando el Canal realiza esfuerzos importantes en la infraestructura para abastecer Madrid los puntos reales sobrepasan la curva de crecimiento teórico. Todo ello en un ambiente de crecimiento exponencial bastante considerable pues el período es reflejo de una época de crecimiento constante en la economía española.

En la actualidad estamos por debajo de la curva teórica. Pero creo que la curva teórica futura va a ser menos pronunciada; es decir que, o bien el exponente "b" va a ser ligeramente menor o bien que el coeficiente "a" sea igualmente más bajo, incluso que la curva que refleje mejor la situación sea de otro tipo, inclinándome por la logística. De cualquier forma en la curva se aprecian de forma clara los períodos en los que he dividido la época 1939-1977. Un primer período de au-

657.



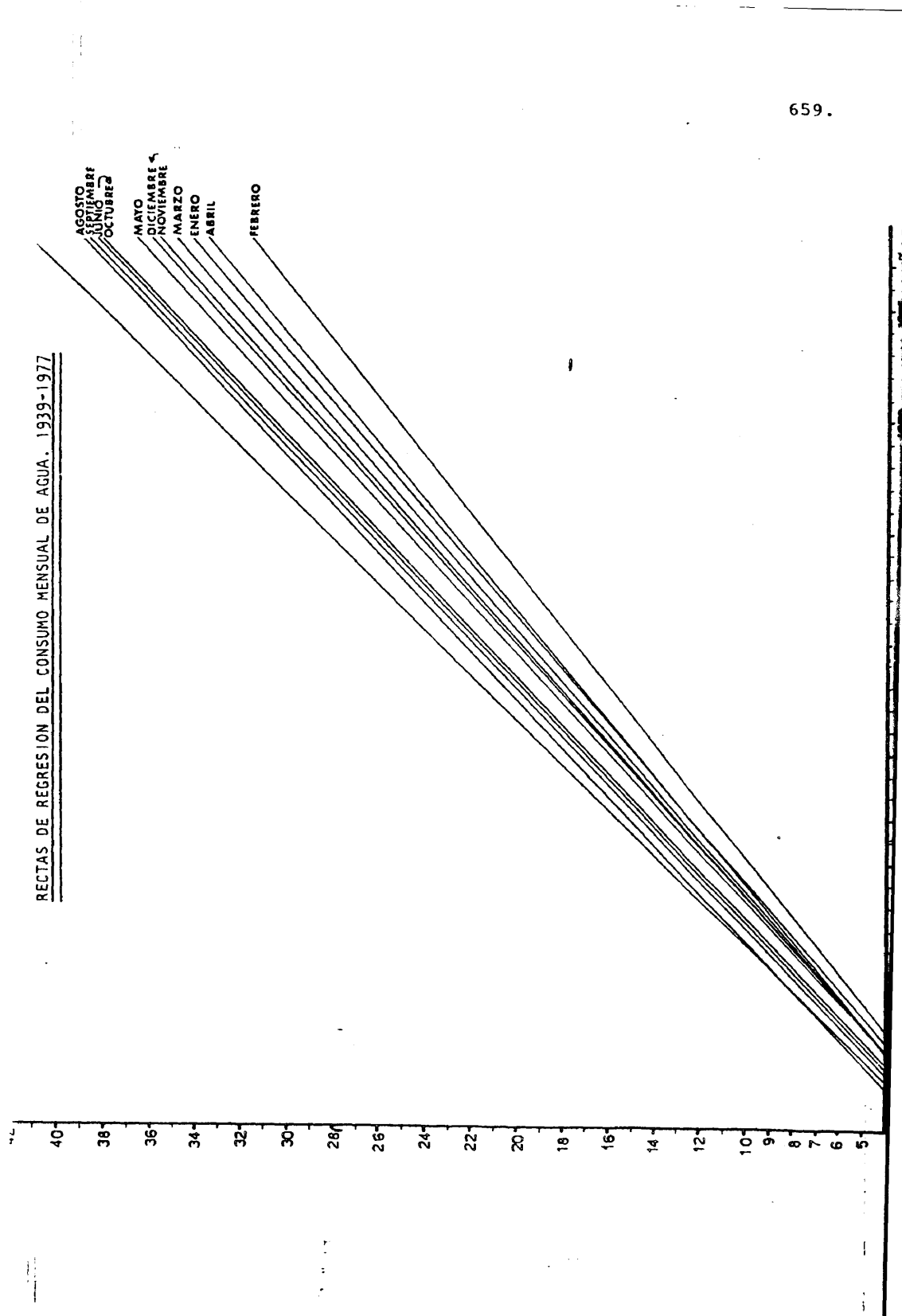
tarquía que duraría hasta el año 1951 y una segunda de crecimiento constante desde 1951 hasta 1973 con dos etapas; la primera, hasta los años 60, en que el consumo está por debajo de la curva teórica, es la época de inmigración y la segunda desde el año 1962 hasta 1973 en que el crecimiento de las instalaciones y de las inversiones hace que el consumo real supere la curva teórica. Por último la época actual de estancamiento, como ya he dicho anteriormente

Cuadro 4. Evolución del consumo mensual según las ecuaciones lineal y exponencial en el período 1939-1977

MESES	ECUACION LINEAL	$r^2$	ECUACION EXPONENCIAL	$r^2$
Enero	$y = -30,88 + 0,83x$	0,89	$y = 0,84 e^{0,05x}$	0,94
Febrero	$y = -28,98 + 0,78x$	0,91	$y = 0,75 e^{0,05x}$	0,95
Marzo	$y = -31,3 + 0,85x$	0,91	$y = 0,86 e^{0,05x}$	0,94
Abril	$y = -29,63 + 0,81x$	0,91	$y = 0,88 e^{0,05x}$	0,92
Mayo	$y = -32,72 + 0,89x$	0,92	$y = 0,96 e^{0,05x}$	0,93
Junio	$y = -33,7 + 0,92x$	0,91	$y = 1 e^{0,05x}$	0,90
Julio	$y = -35,42 + 0,98x$	0,91	$y = 1,17 e^{0,05x}$	0,92
Agosto	$y = -31,99 + 0,91x$	0,90	$y = 1,27 e^{0,05x}$	0,90
Septiemb.	$y = -33,65 + 0,93x$	0,90	$y = 1,05 e^{0,05x}$	0,89
Octubre	$y = -33,61 + 0,92x$	0,90	$y = 0,95 e^{0,05x}$	0,88
Noviemb.	$y = -31,54 + 0,86x$	0,91	$y = 0,82 e^{0,05x}$	0,89
Diciemb.	$y = -31,74 + 0,86x$	0,90	$y = 0,88 e^{0,05x}$	0,93

He calculado con los datos de consumo la recta de regresión lineal y otra exponencial en todos los meses del período 1939-1977. Para representar gráficamente, he preferido utilizar la ecuación lineal a efecto de comparación entre los meses porque resulta más fácil de dibujar, y aunque en oca-

RECTAS DE REGRESION DEL CONSUMO MENSUAL DE AGUA. 1939-1977



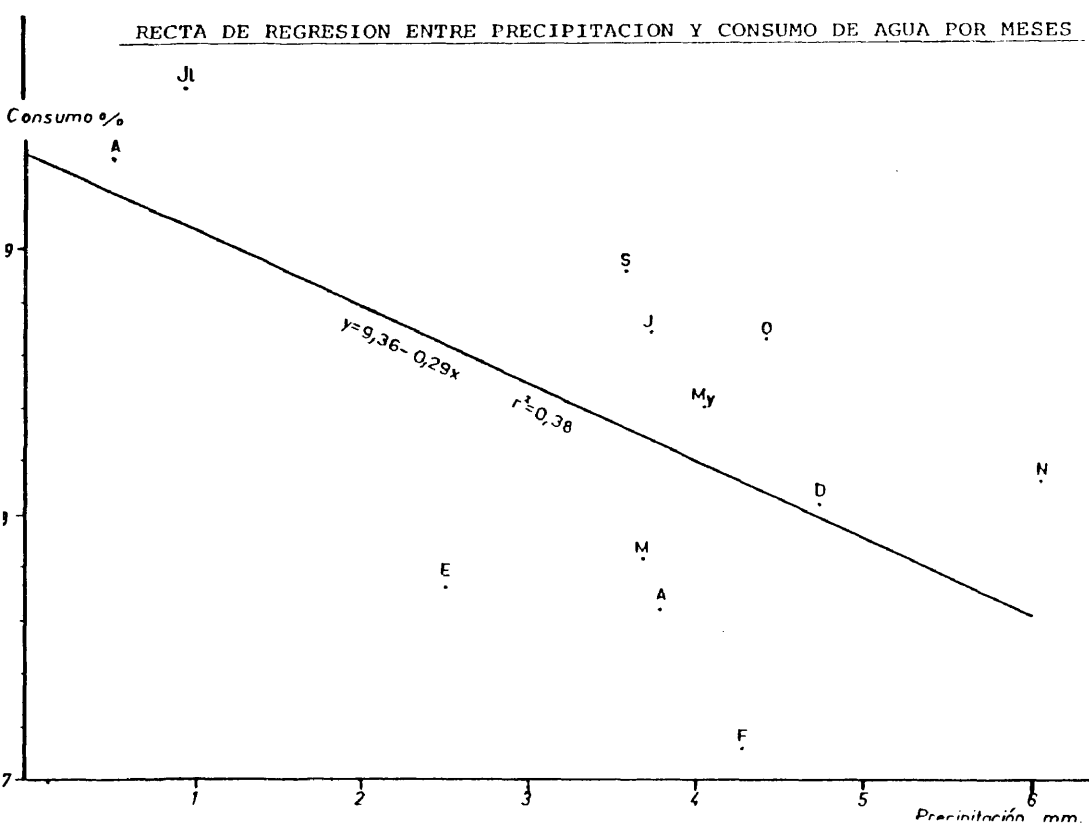
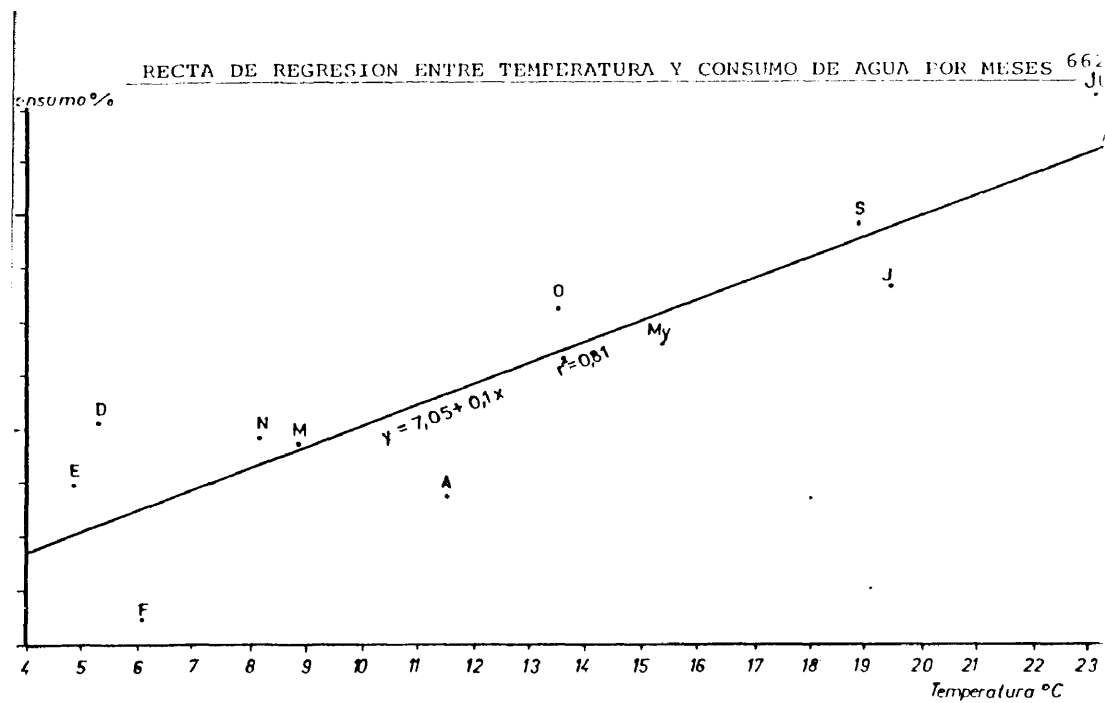
siones el grado de correlación sea menor, es más asequible al primer golpe de vista. En conjunto el cuadro 4 y el gráfico explican la variación que ha habido en el consumo mensual en los últimos 39 años y completan la información que apuntaba con anterioridad, esto es: que existe una jerarquía de consumo por meses. El mes de máximo consumo es Julio, seguido a cierta distancia por un paquete de meses en los que se encuentra por orden: Agosto, Septiembre, Octubre y Junio; dos meses de verano, uno otoñal y uno de primavera. Agosto ha descendido de forma clara en el conjunto del consumo mensual, y de estar situado en posición más elevada que Julio, ha pasado a unirse al grupo de meses veraniegos con menos consumo debido al hecho sociológico de las vacaciones. La inclusión de octubre en este grupo creo que está en relación con las temperaturas que son muy altas todavía en razón de la permanencia de situaciones anticiclónicas sobre la península, en los llamados "veranillos", y es debido en parte a una inercia de los hábitos de consumo de verano como demuestra la cercanía entre las rectas de Junio y Octubre. A considerable distancia aparecen los siete meses de invierno; Mayo, Diciembre, Noviembre, Marzo, Enero, Abril y por último y más alejado del resto Febrero. El orden es similar al que resulta en el orden medio de los porcentajes calculados en el cuadro 1. Sin embargo las rectas tienen unas características bastante interesantes, como es el descenso relativo que tiene Abril desde los primeros años hasta la actualidad y que también aparece en Marzo y Noviembre. Por otro lado los coeficientes de determinación dan en los ajustes lineales unas cifras homogéneas que varían entre 0,89 y 0,92. No he analizado los valores residuales para ver si existía algún grado de relación dado lo dificultoso del proceso y por que no me pareció oportuno hacerlo por el grado tan fuerte de relación existente y que se repite en los coeficientes de determinación de los ajustes exponenciales, en este caso las variaciones son mayores, ya que los coeficientes de determinación tienen un valor que oscila entre 0,88 y 0,94, coincidiendo dichos coeficientes en sus puntos más bajos con los meses de cierre del ciclo del año

hidráulico; Septiembre, Octubre y Noviembre, el más bajo es Octubre con un coeficiente de determinación igual a 0,88. Por lo que hace referencia a las curvas ajustadas a ecuaciones exponenciales el orden de consumo es similar a las rectas y a los porcentajes medios, es decir: dos meses de verano intensos que son Agosto y Julio, colocándose el anterior en primer lugar, hecho erróneo que se aprecia examinando el coeficiente de determinación que es inferior en Agosto que en Julio. A continuación aparecen Septiembre y Junio, como meses de verano de menor consumo, después vendrían los meses primaverales y otoñales, es decir, Mayo y Octubre, este último ocupaba en las escalas anteriores una posición más alta que la que ocupa aquí donde el coeficiente de determinación es más bajo. Los meses de invierno serían según el ajuste exponencial, Abril, Diciembre, Marzo, Enero, Noviembre y Febrero. Estos dos últimos vuelven a aparecer como meses de consumo mínimo. En definitiva los resultados del consumo por meses son similares utilizando diversos criterios como son el consumo total, el consumo en valores porcentuales, las rectas de regresión con la evolución de los consumos mensuales y el ajuste exponencial con los mismos datos utilizados anteriormente.

He expresado como avance en otro punto la correlación existente entre consumo de agua y variación de temperatura e incluso entre aquel valor y las precipitaciones en Madrid. Aunque son hechos evidentes he preferido sistematizar el paralelismo de ambos procesos y para ello he calculado las rectas de regresión y los coeficientes de correlación con el siguiente resultado: existe entre consumo porcentual medio de agua y temperaturas una evidente correlación con un coeficiente de correlación  $r = 0,90$ , gráfico adjunto, definido por la recta de regresión:

$$y = 7,05 + 0,1x; \quad r^2 = 0,81$$

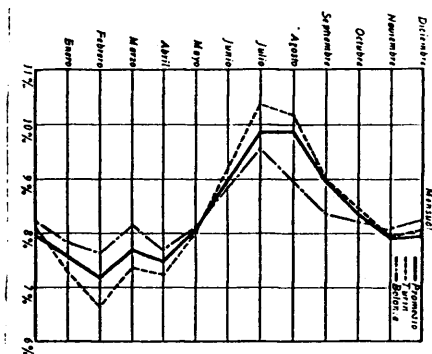
siendo "x" la temperatura en grados centígrados e "y" el porcentaje de consumo; con valores crecientes, esto es a medida que crece la temperatura el consumo aumenta.





663.

Pero también existe un grado de correlación si no importante, sí significativo, entre el consumo porcentual de agua y la precipitación cuyo coeficiente de correlación es igual a 0,61 con una recta de regresión definida por:  $y = 9,36 - 0,29x$ , inversa o decreciente, es decir, que a medida que aumentan las precipitaciones el consumo disminuye.



Estos valores, que yo he realizado en forma de relaciones lineales, las expresa también Rigotti (1) en el gráfico adjunto y en el párrafo siguiente.

El consumo varía según la marcha de las estaciones: aumenta si el tiempo es cálido y seco, y disminuye si es húmedo y frío. Esta variación se aprecia claramente en los diagramas reproducidos, que muestran máximos superiores al 10% (en ocasiones se llega al 12 %) y mínimos inferiores al 7 % (también se desciende hasta el 6%), y el consumo mensual medio corresponde a 8,33 %. Tampoco es uniforme el consumo por hora durante la jornada (un 4,17 %), sino que la distribución máxima coincide con las horas diurnas, acentuándose a mediodía, hasta pasar de 6 %, y la mínima desciende en las horas nocturnas hasta por debajo del 2 %.

#### Notas 4.2.1.b

(1) RIGOTTI, G.: "Urbanismo, la técnica. Edit. Labor. Barcelona, 1.955. pág. 715.

#### 4.2.1.b. El consumo por horas del día

Aunque es prácticamente imposible el saber el consumo por horas del día en el área abastecida por el área de Isabel II, ya que no se tiene este dato singularizado de forma global para toda la red, aunque haya ciertos sectores que si la tienen con modernos caudalímetros, la posibilidad de obtener este consumo con cierta aproximación se hizo realidad mediante los datos de cada tres horas de agua salida de los depósitos, de forma que pude establecer el consumo a lo largo del día.

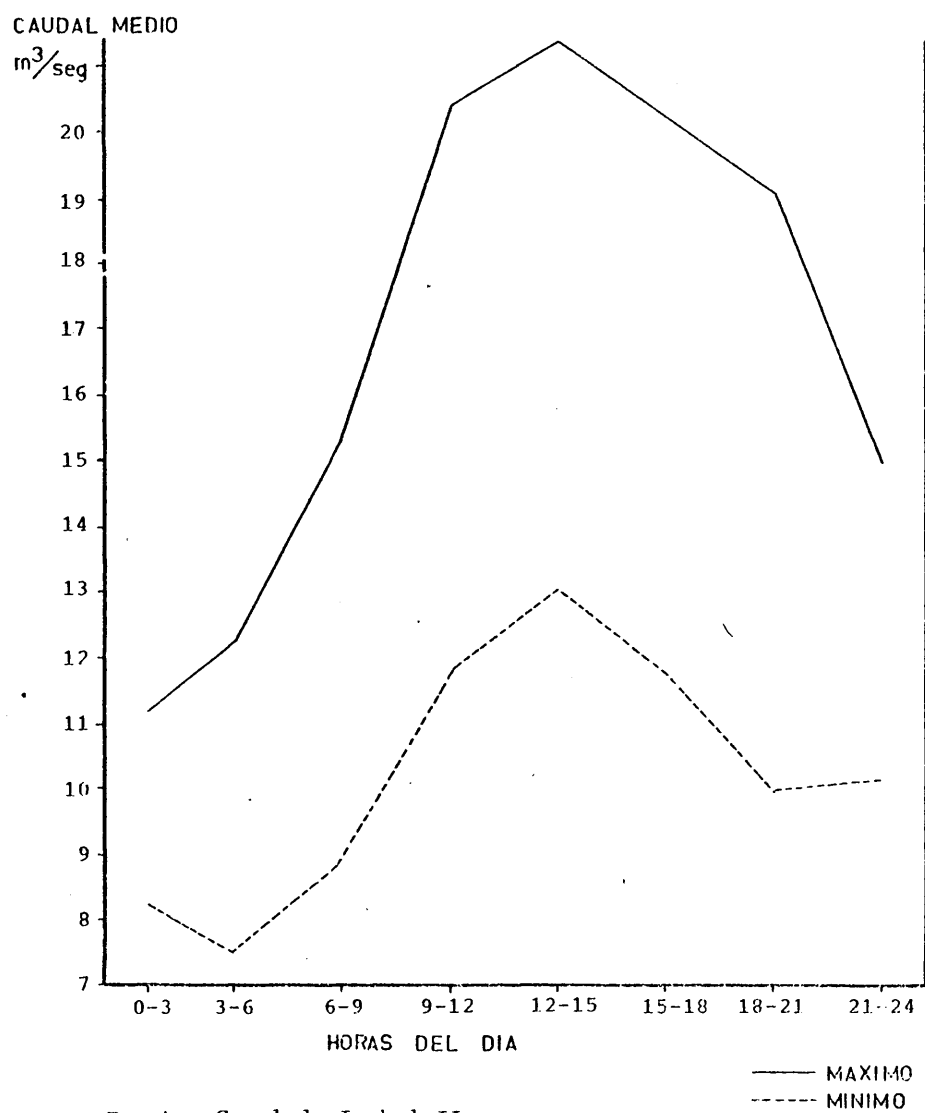
Para poder comparar expongo a continuación los cuadros y gráficos pertenecientes a los días de máximo y mínimo consumo en los que se puede apreciar algunos hechos de cierta importancia:

El primero es que en nueve horas, las que van de las 9 a las 18 se consume casi el 50% del total diario, tanto en el día de máximo consumo como en el de mínimo. Son las horas centrales del día, las horas de actividad fabril, y es de las 12 h. a 15 h. cuando se produce la punta de consumo máximo diario, esto es lógico si se piensa que son las horas en las que se realiza las faenas domésticas, comidas, limpiezas, y en el resto de las actividades son las horas con máximo rendimiento laboral, incluso los días festivos aún con consumo menor sigue siendo las horas de mayor consumo debido a la estancia en los hogares de los habitantes de la ciudad.

Los mínimos son variables, en el día de máximo consumo el mínimo se reduce de las 0 a las 3 horas, mientras que en el día de mínimo consumo el mínimo horario se produce de 3 a 6 horas, creo que este hecho es función de que el día 8 de abril que fue el de mínimo consumo en el año 1.977 era festivo, y esto hace que

666.

CUADRO COMPARATIVO DE LOS CAUDALES MEDIOS DE LOS DIAS  
DE MAXIMO Y MINIMO CONSUMO EN 1977 POR HORAS



la hora de mínimo consumo se retrase, porque en los hogares la hora de acostarse se prolonga, mientras que el día 13 de septiembre de 1.977 que fue el día de máximo consumo, al ser laborable obligó a adelantar la hora del descanso. Es decir, que los días festivos el consumo de agua se prolonga mas en las horas de madrugada que en las laborales.

Existe un hecho significativo bastante notable, de las 18 a las 21 horas del día 8 de abril "festivo" se produce un descenso del consumo de agua, son las horas de paseo o de salida, mientras que en las tres horas siguientes se vuelve a producir un incremento del consumo provocado por el regreso al hogar y por la realización de labores domésticas.

Sin embargo durante el día de máximo consumo, 3 de septiembre, día en que la temperatura media alcanzó aproximadamente los 25° el consumo de agua de las 9 a las 21 horas se mantuvo muy elevado casi constante, en torno a los 20 m<sup>3</sup>/seg., sobre todo tendiendo en cuenta que la máxima anual fue de 22,6 m<sup>3</sup>/seg.

CUADRO N° 1.

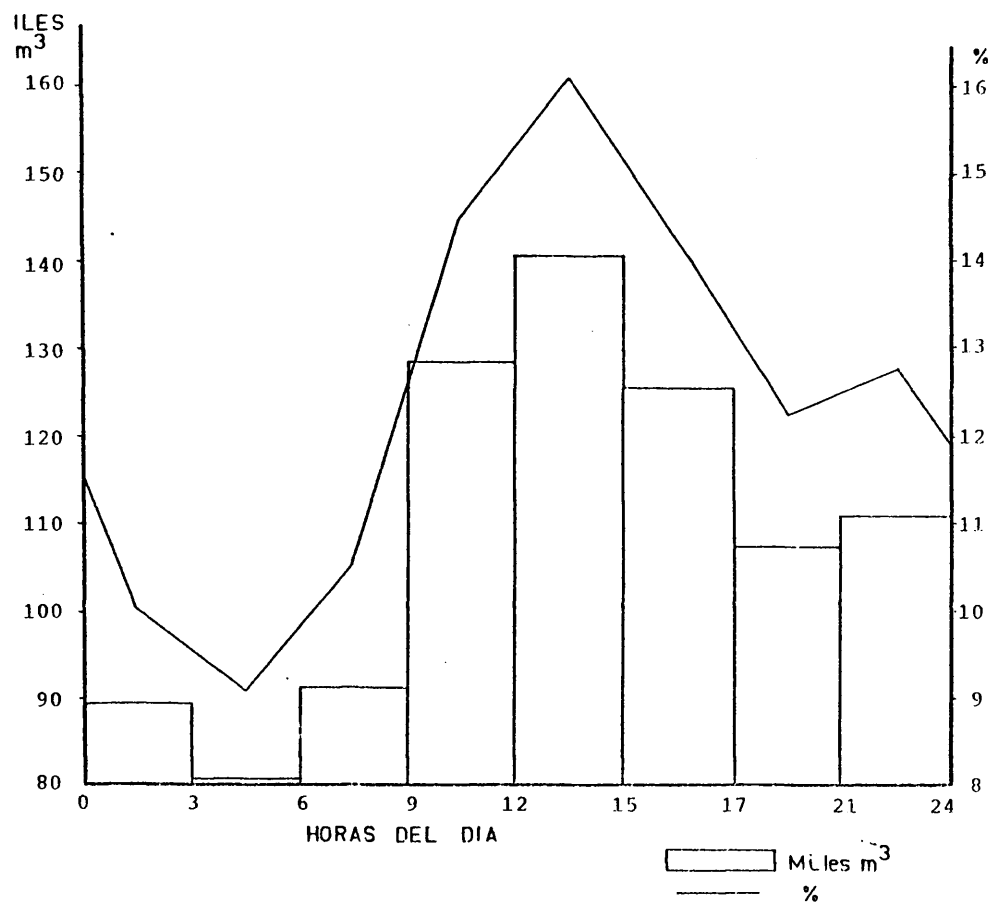
DIA DE MINIMO CONSUMO EN 1.977. 8 DE ABRIL.

(Agua salida de los depósitos)

Horas	Consumo m <sup>3</sup>	Caudal medio m <sup>3</sup> /seg.	porcentaje consumo so bre el total
0 - 3	89.104	8,250	10,10
3 - 6	81.176	7,516	9,20
6 - 9	93.050	8,894	10,55
9 - 12	128.398	11,889	14,56
12 - 15	141.808	13,130	16,08
15 - 18	126.627	11,725	14,36
18 - 21	108.677	10,063	12,32
21 - 24	112.731	10,438	12,78
	881.571	10,3	

Fuente: Canal de Isabel II. Elaboración propia.

DIA DE CONSUMO MINIMO EN 1977. AGUA SALIDA DE LOS  
DEPOSITOS. 8 DE ABRIL.



Fuente: Canal de Isabel II

El mínimo mensual de este año 1.977 se produjo en febrero con 31,2 Hm<sup>3</sup>/mes, 1,11 Hm<sup>3</sup>/día y 12,9 m<sup>3</sup>/seg. de caudal. Mientras que el mínimo absoluto se produjo a las 6 horas del 14 de noviembre de 1.977 con un caudal de 7 m<sup>3</sup>/seg.

La causa del mínimo consumo diario se explica porque el 8 de abril fue Viernes Santo y en Semana Santa abandonan nuestras ciudades gran número de personas, mientras que todavía no hace calor suficiente para que el consumo de agua se dispare como sucede en verano y equilibre con el aumento de temperatura la falta de madrileños.

CUADRO N° 2.

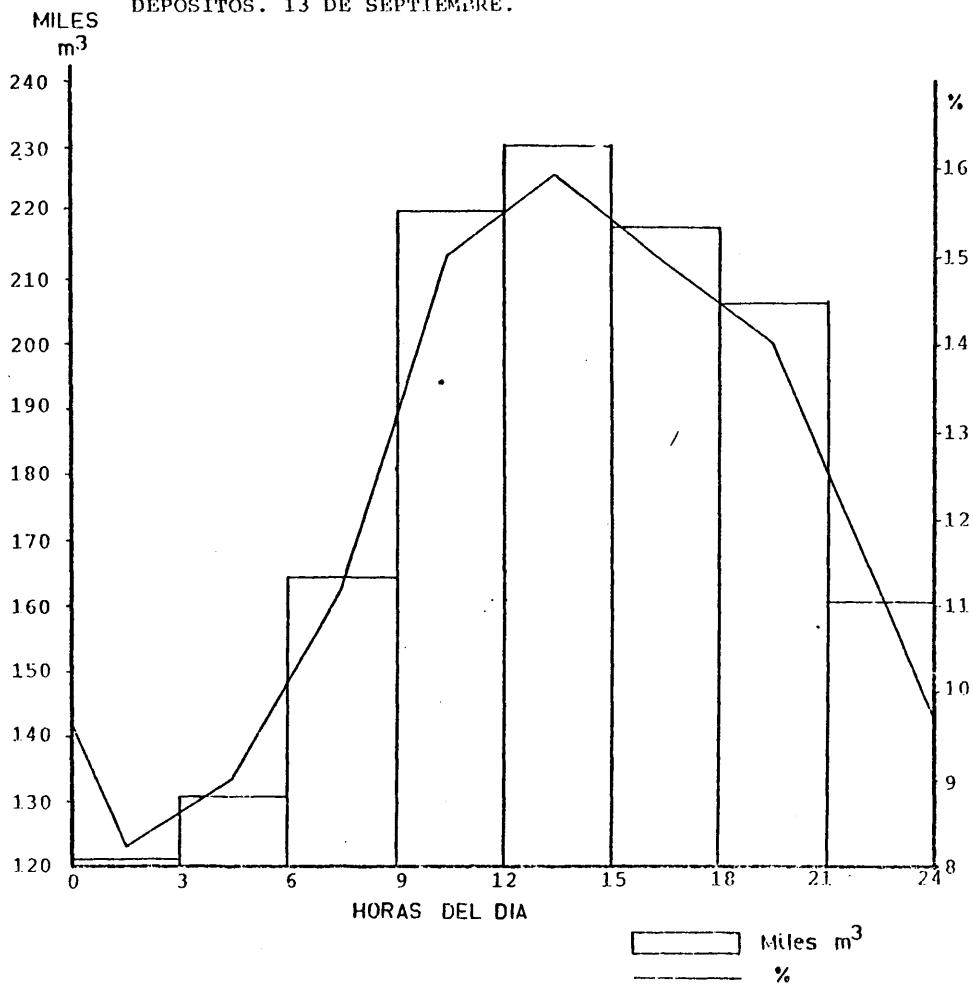
DÍA DE MAXIMO CONSUMO EN 1.977. 13 DE SEPTIEMBRE  
(Agua salida de los depósitos)

Horas	Consumo m <sup>3</sup>	Caudal medio m <sup>3</sup> /seg.	Porcentaje consumo sobre total.
0 - 3	121.982	11,295	8,35
3 - 6	132.262	12,247	9,05
6 - 9	165.461	15,320	11,32
9 - 12	220.368	20,404	15,08
12 - 15	231.789	21,462	15,86
15 - 18	218.483	20,230	14,95
18 - 21	207.067	19,173	14,17
21 - 24	163.534	15,142	11,19
	1.460.946	16,9	

Fuente: Canal de Isabel II. Datos cedidos amablemente por el Dr.  
D. Benito Díaz Díaz de la Cebosa.  
Elaboración propia.

670.

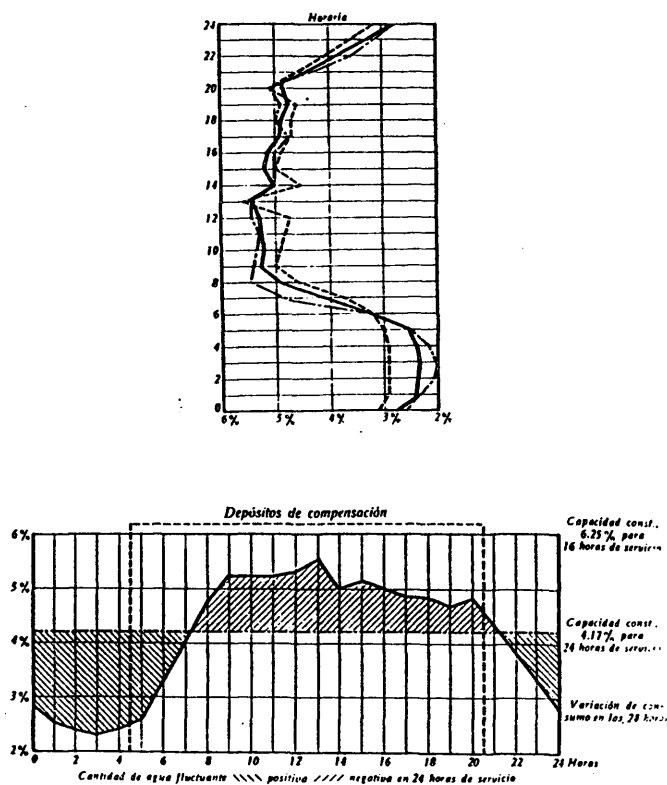
DIA DE MAXIMO CONSUMO EN 1977. AGUA SALIDA DE LOS  
DEPOSITOS. 13 DE SEPTIEMBRE.



Fuente: Canal de Isabel II



Estos valores máximos y mínimos de días distintos tienen un perfil similar a los que da Rigotti (1) para tres ciudades italianas en 1.955.



Con estos valores Rigotti calcula unas ecuaciones muy interesantes relacionando el consumo diario y horario con la dotación específica o consumo específico medio.

A base de datos prácticos experimentales, se cifra el consumo máximo diario en 1,60 veces el consumo específico medio; es decir, siendo  $Q$  el agua consumida en un año por habitante,  $(Q/365) \cdot 1,60$  será el consumo máximo al día ( $G$ ). El máximo por hora será de 1,80 veces el promedio, o sea,

igual a  $(G/24)$  1,80. A este máximo hay que ajustar las tuberías y el caudal de una red de distribución. El consumo medio específico se calcula, como es natural, contando también con el incremento de población previsto y con un aumento ulterior estimado en 2 a 6 %, que resume la tendencia natural, manifestada en todas las ciudades, a aumentar el grado de bienestar de la colectividad.

El mismo autor señala las relaciones entre el consumo diario y la capacidad de los depósitos.

De las obras de captación y de depuración, el agua sale casi siempre en caudal constante, mientras que en los puntos de consumo hay notables oscilaciones, tanto al cabo del año como durante cada jornada. De las tablas del consumo efectivo puede deducirse la "cantidad de agua fluctuante", representada por la suma de las variaciones de consumo en relación con la cantidad constante suministrada por las bombas o el manantial. El agua fluctuante, positiva o negativa por turno, debe poseer al término del ciclo anual o diario un perfecto equilibrio respecto al promedio.

Por eso, en cada red de distribución se disponen los "depósitos de compensación", destinados a almacenar en los períodos de menor consumo el agua necesaria para suplir a las exigencias de los períodos de más demanda (diarios o anuales), más cierta reserva para casos de avería en las bombas o de falta de energía eléctrica, valorable, según las circunstancias, entre 1/5 y el total de la dotación diaria.

Sin embargo el máximo caudal absoluto se registró según la memoria de 1.977 a las 15 h. del día 27 de junio con una punta de  $22,6 \text{ m}^3/\text{seg.}$  Aunque según las mismas fuentes el máximo mensual se produjo en septiembre con  $39,1 \text{ Hm}^3/\text{mes}$ ,  $1,3 \text{ Hm}^3/\text{día}$  y  $15,1 \text{ m}^3/\text{seg.}$  de caudal.

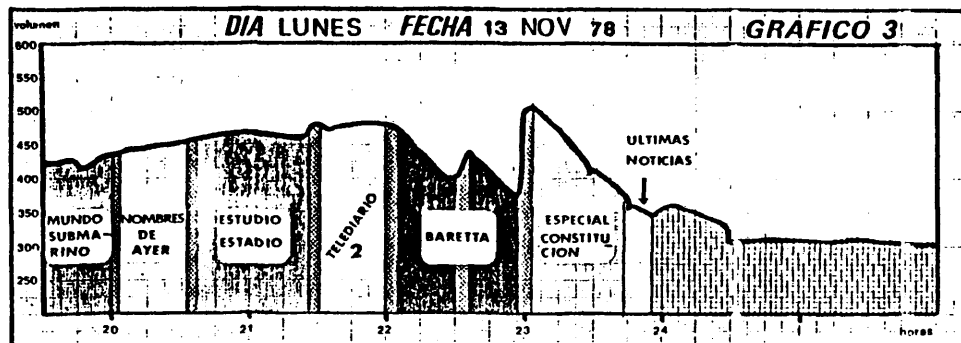
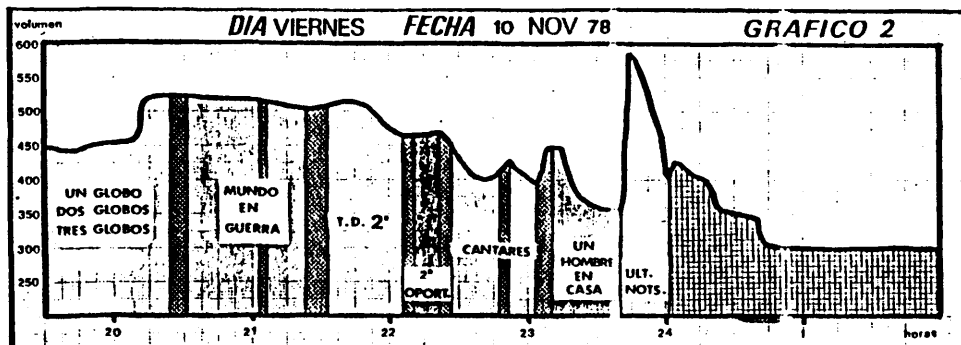
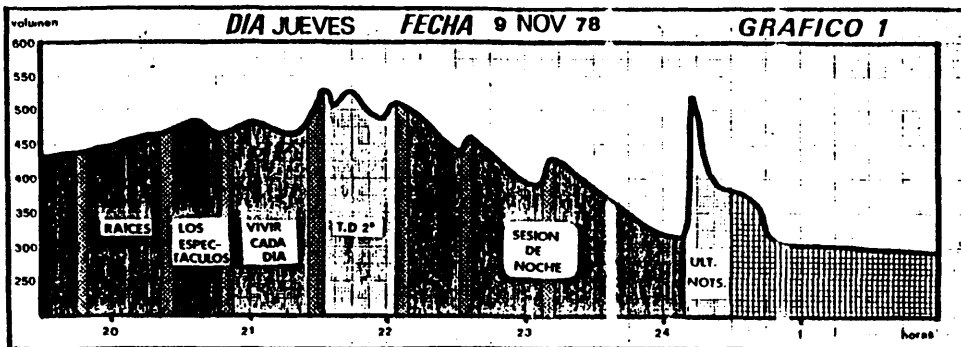
El máximo de septiembre tiene una explicación bastante razonable y es que se ha producido a la vuelta de vacaciones de los madrileños, mientras que por otro lado son días de verano con algunas olas de calor que obligan a un mayor consumo de agua. Contreras y otros en un reciente trabajo miden la audiencia de la televisión por el consumo de agua en la zona sur de Madrid por horas, se trata de un barrio dormitorio de 400.000 habitantes que incluye entre otros municipios, Alcorcón y San José de Valderas. El Canal de Isabel II ha facilitado las mediciones tomadas con modernos caudalímetros y dan gráficos, que adjuntamos, de los que sacan las siguientes conclusiones(2):

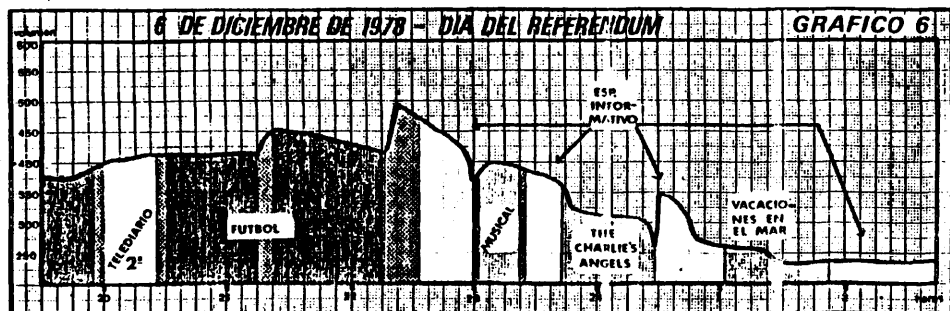
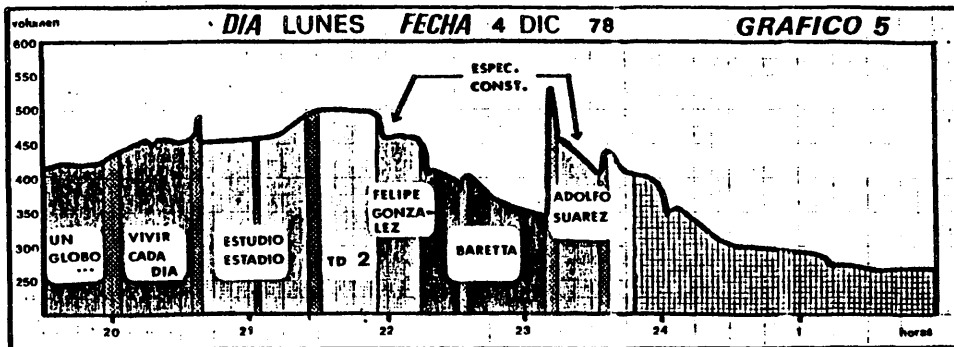
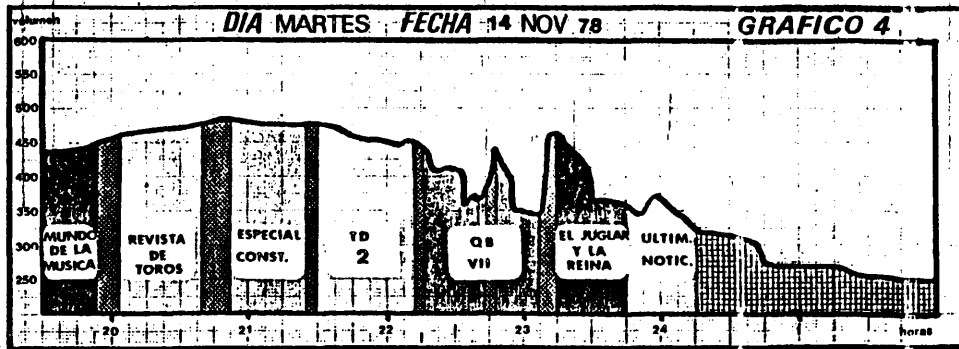
1°.- Existe un consumo mínimo de agua constante, que es el que se utiliza para fines industriales y que corresponde aproximadamente al que se registra en horas de madrugada. Aquí se incluirían también las pérdidas de la red.

2°.- El uso de agua en faenas domésticas, (motivo principal de las alteraciones de la curva) se realiza, normalmente, en mayor proporción por las mujeres que por los hombres. Así el fútbol televisado provoca poca incidencia en el consumo de agua.

3°.- Las incidencias de la televisión sobre el consumo de agua son más visibles en las horas nocturnas, a partir de las 9 de la noche, en que han cesado las faenas domésticas habituales. Además la televisión vespertina va dirigida a los niños, no a los adultos.

4°.- Se considera que un espacio de televisión ha suscitado mayor interés cuanto menor sea el gasto de agua, pero este interés está en relación con la subida posterior del consumo





cuando acaba el programa. Si no existe subida final es lógico pensar que el programa apenas tiene audiencia

6°.- La publicidad aumenta el consumo de agua al igual que los informativos, en especial últimas noticias que sube mucho el consumo y es cuando los espectadores se retiran a dormir.

7°.- El consumo comienza entre 400 y 450 (suponemos litros por segundo) y las puntas llevan a veces a 600 l/seg. a partir de las 20 h. el consumo aumenta para realizar las faenas domésticas de la cena, lavar a los niños, estamos en una zona de población obrera y suponemos un porcentaje de mujeres trabajadoras alto que realizan las faenas domésticas a estas horas, hacer la colada, etc.

8 °- A partir de las 22 el consumo disminuye y coinciden con los telefilmes o programas de mas audiencia. Aumenta sin embargo, el consumo en los pases de publicidad y cuando el programa es poco popular y finalmente el consumo aumenta fuertemente coincidiendo con las últimas noticias y el cierre de la emisión como ya he dicho antes, para mantenerse constante en las horas de la madrugada.

#### NOTAS 4.2.1.b

- (1) RIGOTTI, G. Urbanismo, La Técnica. Ed. Labor. S.A. Barcelona. 1.955. pág. 715
- (2) Contreras, J.M., Esteban, G. Monroy y Moya, A.: Televisión y consumo de agua. Escaso Interés por los programas políticos especiales sobre el Referendum. Revista, mensaje y medios. Madrid, 1.979. págs. 57-60.

#### 4.2.1.c. Máximos y mínimos del consumo

Para ver la evolución en los últimos 39 años de los máximos y mínimos diarios he reunido la información que sobre estos datos facilitan las memorias del Canal de Isabel II. (cuadro n° 1). En él se aprecia como las cantidades consumidas en este período han tenido un aumento del 430% en los máximos diarios, de 440% en los mínimos y 460% en los medios. Es muy significativo que el aumento de los mínimos y los medios sean superiores a los máximos; en el caso de los primeros porque se han suprimido, gracias al número ingente de obras de infraestructura realizadas, los sobresaltos que provocaban las condiciones climáticas en forma de sequía de los primeros años; y en los segundos por las cotas más elevadas que ha adquirido el nivel de vida de una forma general cuantitativa.

Es igualmente significativa la variación de los porcentajes que relacionan los mínimos con los máximos diarios (cuadro n° 2), donde se pueden apreciar al igual que en el gráfico n° 1, las fuertes oscilaciones de la curva hasta el año 1.965, fecha en que las fluctuaciones son menores y con tendencia a ser asintóticas respecto al porcentaje medio del período. Particularmente, estas fluctuaciones son importantes en épocas donde las condiciones climáticas eran un factor muy influyente en el consumo, épocas de sequía, 1.944, 45, 48, 49, 64, y 1.965, y demuestran que los hechos del medio físico no son tan determinantes, puesto que pueden ser corregidos por la técnica, las inversiones, y en cierta medida por la política económica de

CUADRO N° 1.

MAXIMOS, MINIMOS Y MEDIOS DE CONSUMO DIARIO EN MILES DE METROS CUBICOS/ DIA.

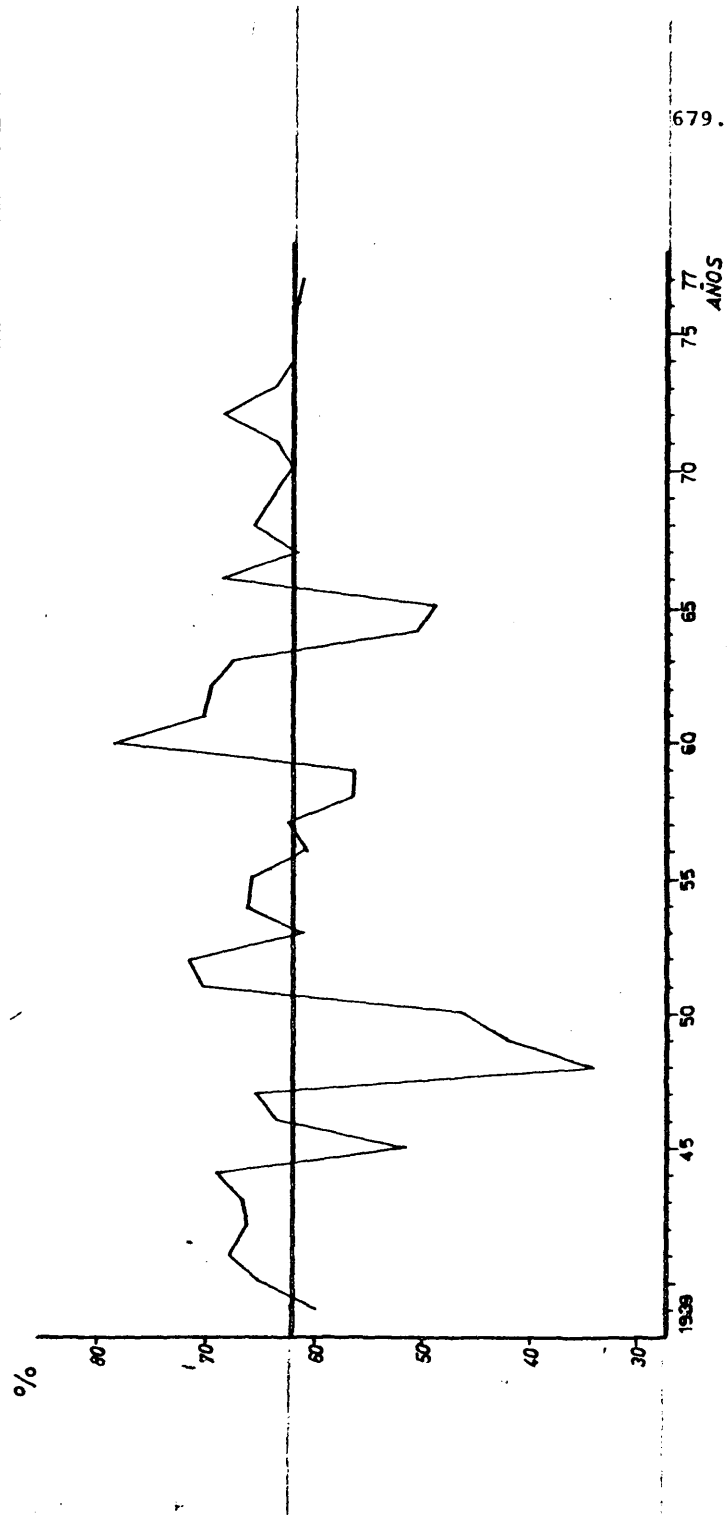
Años	máximo diario	Mínimo diario	Tanto por ciento de mínimos sobre máximo	medio diario.
1.939	337,9	203,2	60,1	258,9
1.940	350,3	231,1	65,9	280,2
1.941	350,2	236,7	67,5	279,0
1.942	359,3	238,6	66,4	288,3
1.943	348,7	233,0	66,8	283,9
1.944	364,6	252,5	69,2	302,3
1.945	341,6	180,5	52,8	273,6
1.946	373,8	240,6	64,3	260,8
1.947	397,5	265,2	66,7	316,7
1.948	379,4	131,6	34,6	310,0
1.949	317,9	133,8	42,0	209,7
1.950	401,3	186,1	46,3	303,6
1.951	390,6	274,4	70,2	326,5
1.952	417,0	298,9	71,6	349,2
1.953	444,6	274,6	61,7	363,0
1.954	483,0	319,7	66,1	384,5
1.955	513,2	337,5	65,7	415,7
1.956	580,3	353,5	60,9	448,4
1.957	596,0	370,3	62,1	466,5
1.958	651,1	369,0	56,6	509,6
1.959	688,2	389,9	56,6	545,1
1.960	685,7	539,5	78,6	590,9
1.961	747,5	524,0	70,1	625,0
1.962	785,6	546,3	69,5	666,8
1.963	809,9	549,0	67,7	702,0
1.964	916,4	460,7	50,2	740,7
1.965	879,4	430,4	48,9	759,4
1.966	1.108,9	763,1	68,8	897,8
1.967	1.310,0	821,3	62,6	986,0
1.968	1.289,5	843,9	65,4	1.030,1
1.969	1.308,5	841,6	64,3	1.031,9
1.970	1.197,9	749,8	62,5	1.023,4
1.971	1.282,6	818,9	63,8	1.054,2
1.972	1.315,9	902,4	68,5	1.102,1
1.973	1.423,0	907,8	83,7	1.179,8
1.974	1.416,5	880,0	62,1	1.176,1
1.975	1.494,3	917,9	61,4	1.188,6
1.976	1.459,0	900,3	61,7	1.197,4
1.977	1.460,1	889,0	60,8	1.200,9
Media	-----	-----	62,1	-----

Fuente: Canal de Isabel II. Memorias, 1.945-50-70-71-74-75-76-77.  
Elaboración personal.



GRAFICO 1

RELACION PORCENTUAL DE LOS MINIMOS DIARIOS SOBRE LOS MAXIMOS



los gobiernos. Las inversiones del Estado durante el régimen anterior en la provincia de Madrid, en infraestructuras, si hacemos abstracción del número de habitantes y de su crecimiento, ha podido ser uno de los factores de desarrollo espacial. Este último hecho en el caso del consumo de agua es importante y observable a simple vista aunque Madrid en ciudades de su misma categoría a nivel mundial siga siendo una ciudad árida. Por ejemplo, en el cuadro a que hago referencia se ve como las oscilaciones situadas por debajo de la media son mucho mayores que las situadas sobre la misma, hecho que implica que las posibilidades de consumo máximo tienen siempre un límite que no pasa del + 18% aproximado sobre la media, mientras que los valores porcentuales mínimos pueden descender casi a -30% por debajo de la media.

Es evidente que cualquiera de los valores expresados, máximos diarios, mínimo diario y medio diario en relación con los años pueden expresar una relación de tipo exponencial. De aquí que, una vez ajustados los valores porcentuales que relacionan los máximos sobre los medios de consumo con los 39 años (1.939-1.977) la ecuación resultante fue:

$$y = 176,62 e^{-0,01x}; r^2 = 0,87. \quad \text{Ecuación (1)}$$

El valor del exponente -0,01, es en realidad -0,0067, pero las máquinas calculadoras tienden a redondear los datos a centésimas, de ahí que el valor aproximado sea el segundo y no el primero. El punto de corte con el valor  $y = 100$  que es el que se corresponde con el consumo medio en valores porcentuales estaría en el año 1.986; es decir, que la tendencia de los valores máximos sobre los medios expresados porcentualmente tienen tendencias a acercarse a los valores medios. La curva exponencial de los valores mínimos sobre los medios relacionada con los años dió como resultado:

$$y = 77,29 e^{-0,00017x}; r^2 = 0,0002$$

es decir no existía ningún tipo de correlación exponencial.

CUADRO N° 2VALORES PORCENTUALES DE LOS MAXIMOS Y MINIMOS DIARIOS DE CONSUMO  
SOBRE LOS MEDIOS.

Años	Tanto por ciento máximos sobre me dios	Tanto por ciento mínimos sobre me dios	Valores calculados a partir de la ecua- ción(1).
1.939	130,1	78,4	135,0
1.940	125,0	82,4	134,1
1.941	125,6	84,8	133,2
1.942	124,0	82,7	132,3
1.943	122,8	82,0	131,4
1.944	120,0	83,5	130,5
1.945	124,8	65,9	129,6
1.946	143,3	92,2	128,7
1.947	125,5	83,7	127,8
1.948	122,3	42,6	126,9
1.949	151,5	63,8	126,1
1.950	132,3	61,2	125,2
1.951	119,6	84,0	124,3
1.952	119,4	85,9	123,5
1.953	122,4	75,9	122,6
1.954	125,6	83,1	121,2
1.955	123,5	81,1	121,0
1.956	129,4	78,8	120,1
1.957	127,8	79,3	119,3
1.958	127,7	72,4	118,5
1.959	126,2	71,5	117,7
1.960	116,0	91,3	116,9
1.961	119,6	83,8	116,1
1.962	117,2	81,9	115,3
1.963	115,3	78,2	114,5
1.964	123,7	62,1	113,7
1.965	115,8	56,7	112,9
1.966	123,5	84,9	112,1
1.967	132,8	83,2	111,4
1.968	125,1	81,9	110,6
1.969	126,8	81,5	109,9
1.970	117,0	73,2	109,1
1.971	121,6	77,6	108,4
1.972	119,3	81,8	107,6
1.973	120,6	76,9	106,9
1.974	120,0	74,8	106,1
1.975	125,7	77,2	105,0
1.976	121,8	75,1	104,7
1.977	121,5	74,0	104,0

Fuente: Canal de Isabel II  
Elaboración propia

(1) En la ecuación 1 "x" son los años e "y" el porcentaje de los máximos sobre los medios.

Lo que indica que los valores mínimos no se acercaban a los medios sino que se mantenían constantes. Este hecho matiza la información anterior de que los máximos eran relativamente mas cercanos a los medios, mientras que los mínimos estaban más alejados de ellos y permanecían constantes en su lejanía.

Hice una segunda aproximación con un ajuste de tipo lineal y el resultado fue:

$$y = 31,51 - 0,08x ; r^2 = 0,01,$$

que indica igualmente inexistencia de correlación.

Por lo que respecta a la época en la que se producen los máximos y los mínimos el cuadro n° 3 es bastante expresivo al respecto.

CUADRO N° 3,

MESES EN LOS QUE SE PRODUCEN LOS MAXIMOS Y LOS MINIMOS  
DIARIOS DEL CONSUMO DE AGUA. (Los números indican el n° de años en que se producen.)

Meses	Máximos	Mínimos
Enero		4 Época de invierno
Febrero		5 en todos los períodos
Marzo		9 Semana Santa
Abril		7 ultimamente
Mayo		1
Junio	5 ultimamente	
Julio	18 en todos los períodos	
Agosto	13 1.920-50 fundamentalmente	
Septiembre	3 en todos los períodos	2 época de cierre
Octubre	1	5 del Año Hidráulico
Noviembre		
Diciembre	1 Año de sequía	8 Invierno en todos los períodos

Años revisados: 41 en máximos y 41 en mínimos.

Los máximos se dan en verano, el mes de máximo consumo es

sin duda Julio, aunque en períodos anteriores era Agosto, pero como ya he indicado, la generalización del veraneo, aún entre las clases más necesitadas como consecuencia del desarrollo económico y social, ha permitido una variación ligera en la tendencia del consumo, incluso en la actualidad se están dando máximos en el mes de Junio, lo que indica a la vez una racionalización del veraneo. Unicamente se ha producido un máximo durante los meses invernales en una época de sequía.

Respecto a los mínimos; el mínimo absoluto mayor se produce en Marzo, siendo resultado de la incidencia de la Semana Santa como época de vacaciones en el consumo. De esta forma se ha producido en los últimos años un trasvase en los mínimos absolutos de la época invernal a la primavera, no obstante por estaciones sigue siendo el invierno la época en la que se producen los mínimos.

Existen también unas épocas de mínimo secundario que se producen en los meses de otoño, cuando aparece el fantasma de la sequía, en el momento que se produce el cierre del año hídrico, y que implican un cierto desabastecimiento casi mínimo.

#### 4.2.1. d. Restricciones

Este apartado es uno de los más desagradables que aparecen en todo sistema de abastecimiento de agua, máxime cuando éstos se ubican en una zona de clima con características de mediterraneidad como es la sequía estival. En particular, la época en que se cierra el año hidráulico (el año hidráulico comienza el 1 de octubre y finaliza el 30 de septiembre) que suele venir acompañado de escasez relativa, y digo relativa, porque el Canal de Isabel II viene haciendo infrecuente desde su fundación este tipo de problema. Particularmente, desde hace quince años, no se producen a nivel general restricciones importantes; a lo sumo algún tipo de restricción horaria prolongada por averías en la red.

Las últimas restricciones importantes que han tenido una especial transcendencia para los madrileños fueron:

1) Las persistentes sequías de los años 1943-1944 y especialmente el año 1945 (1), en el que por medio de restricciones horarias, cerrando válvulas en las arterias principales de la Zona Baja, Fuencarral, Cea Bermudez, SAn Bernardo y Alonso Cano, se logró un ahorro con relación al año anterior de un 25 % del total abastecido. Las restricciones comenzaron en la primavera de 1944, volviéndose a repetir el primero de junio de 1945 hasta el 12 de diciembre del mismo año, éste fue de restricciones excepcionales que obligaron a aumentar el período de restricción desde el 24 de septiembre.

2) Las restricciones más considerables (2) fueron las de 1948-49 y las de 1950. Las primeras duraron desde el primero de diciembre de 1948 al 26 de noviembre de 1949, fue un año hidráulico excepcionalmente seco, de ahí que el tópico manido de las "pertinaces sequías" se haya extendido tan considerablemente. Los días de máxima restricción fueron los comprendidos del 5 al 8 de septiembre de 1949, en que se cortó el agua durante diecisiete horas diarias y la economía que se alcanzó fue de 49,3 millones de m<sup>3</sup>,

que suponía el 42% del consumo total, destacando como hecho curioso que el consumo creció a niveles normales en las fiestas de San Isidro en las que se suspendieron las restricciones. También, es de hacer notar que se tuvo que dar agua a la Hidráulica Santillana por agotamiento de sus embalses.

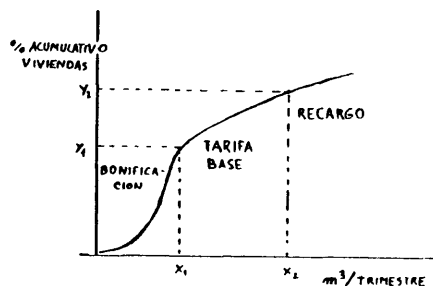
Los dos períodos anteriores de restricciones creo que se debieron a la no adecuación del sistema de abastecimiento al crecimiento de Madrid, las inversiones realizadas fueron, a pesar del esfuerzo que supusieron, muy bajas con lo que se produjo un estancamiento de las instalaciones que prácticamente permanecían igual que en el pasado. Eran épocas de crisis que derivaban de nuestra guerra civil, el aislamiento internacional y el comercio bilateralizado, y cualquier fenómeno extraordinario como las sequías, en un esquema hidráulico, casi estático, que abastecía aun área urbana en crecimiento, provocaban un descenso de la dotación y un continuado período de restricciones.

3) El último período (3) en que la población madrileña se vio afectada por este proceso fueron los años 1964-1965-1966, que fueron de menos importancia aunque alguien haya calificado aquellas épocas como "el milagro del agua" porque fue milagroso dar agua a un Madrid que había crecido extraordinariamente, y aunque ya se estaban realizando importantes obras de infraestructura, la población había crecido tan extraordinariamente que desbordó todas las previsiones. Las épocas fueron del 4 de diciembre de 1964 al 2 de febrero de 1965, del 14 de mayo al 26 de octubre de 1965 y del 25 de mayo al 27 de julio de 1966. La duración horaria de las restricciones quedó limitada a las horas nocturnas.

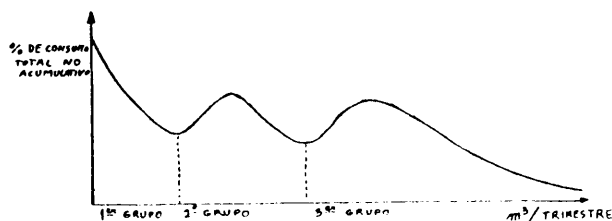
Desde estas fechas (4) y salvo averías u obras en la red no han vuelto a sucederse los períodos de restricción gracias a la ingente cantidad de obras realizadas hasta la fecha, y que se siguen haciendo aumentando incluso la red de distribución. Un sistema para evitar el peligro de las restricciones debe ser evitar el consumo des-

medido y para esto es conveniente aumentar la tasa del coeficiente de explotación, procurando que los precios del agua sean más reales y sirvan para desaconsejar el desperdicio de agua.

Una consideración marginal que se me ocurre, es una fórmula para evitar las restricciones que pudiere provocar el excesivo consumo en épocas críticas; y es utilizar un ingenioso sistema de bonificaciones y recargos. El Canal de Isabel II utiliza diagramas acumulativos o de ojiva en el que en abscisas sitúa el consumo en  $m^3$ /trimestre y en ordenadas las viviendas en valores porcentuales (5)

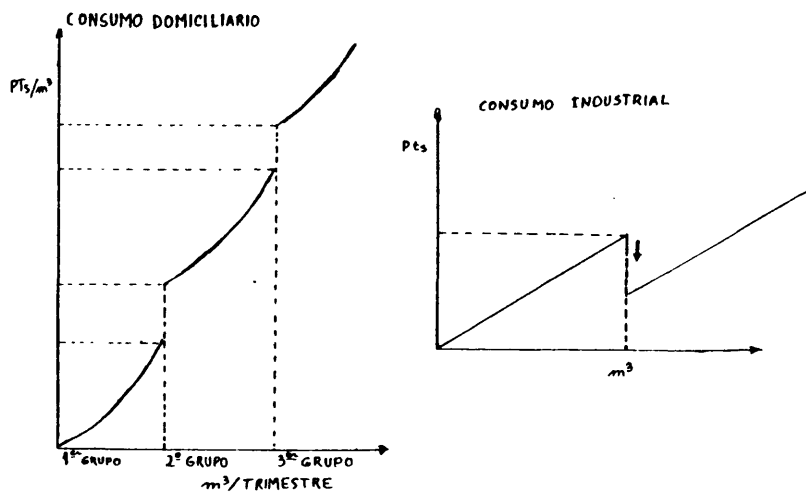


El sistema hace que en aquellas viviendas y que consuman menos de  $x_1 m^3$ / trimestre el consumo se encuentre bonificado con un descuento; el número de viviendas entre  $y_1$  e  $y_2$  y que consumen entre  $x_1$  y  $x_2$  tienen una tarifa base, es decir el precio oficial del agua; y aquel número de viviendas por encima de  $y_2$  y que consumen más de  $x_2$  se ven recargadas por un precio mayor. Este sistema es muy justo; pero creo que sería más equitativo otro sistema propuesto por un ingeniero del CEOTMA (6) para desaconsejar el consumo domiciliario excesivo y es el siguiente: sabiendo que existen varias categorías de consumo dividir las en grupos más o menos homogéneos





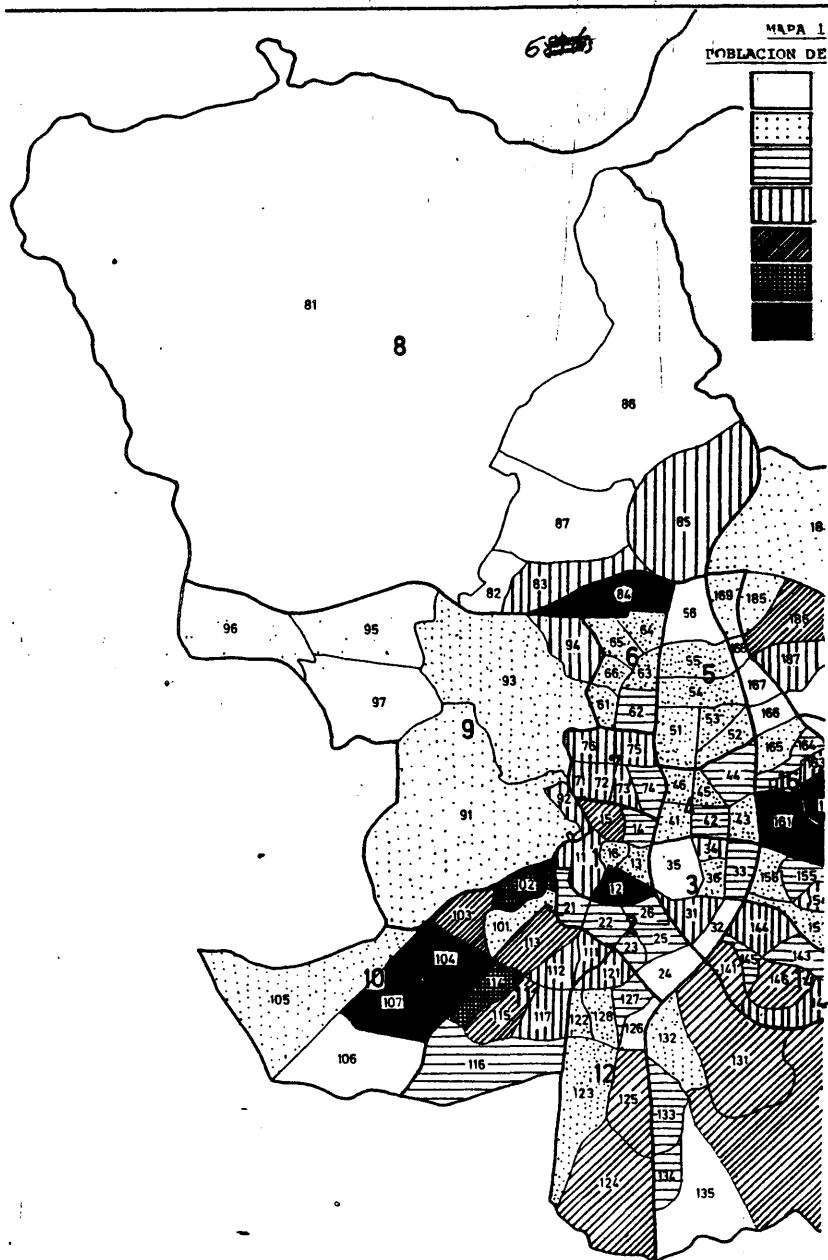
y traducir estos grupos a valores exponenciales en precio, es decir, que pasado determinados umbrales el precio del agua saltase un escalón y siguiese dentro de ese escalón un precio exponencial. Con ese sistema provocaría un consumo menor, ya que desaconsejaría el derroche de agua de usos domiciliarios a que estamos acostumbrados y al mismo tiempo evitaría el que pudiera haber períodos de restricciones. Incluso, si no hubie ra restricciones, el sobrante provocado por el ahorro de agua domiciliaría se podría emplear en usos industriales que no estarían sometidos a tarifas exponenciales con salto, si no que el sistema de cobro de agua industrial estaría basado en una recta en el que llegado a determinado consumo descendería el precio por metro cúbico.



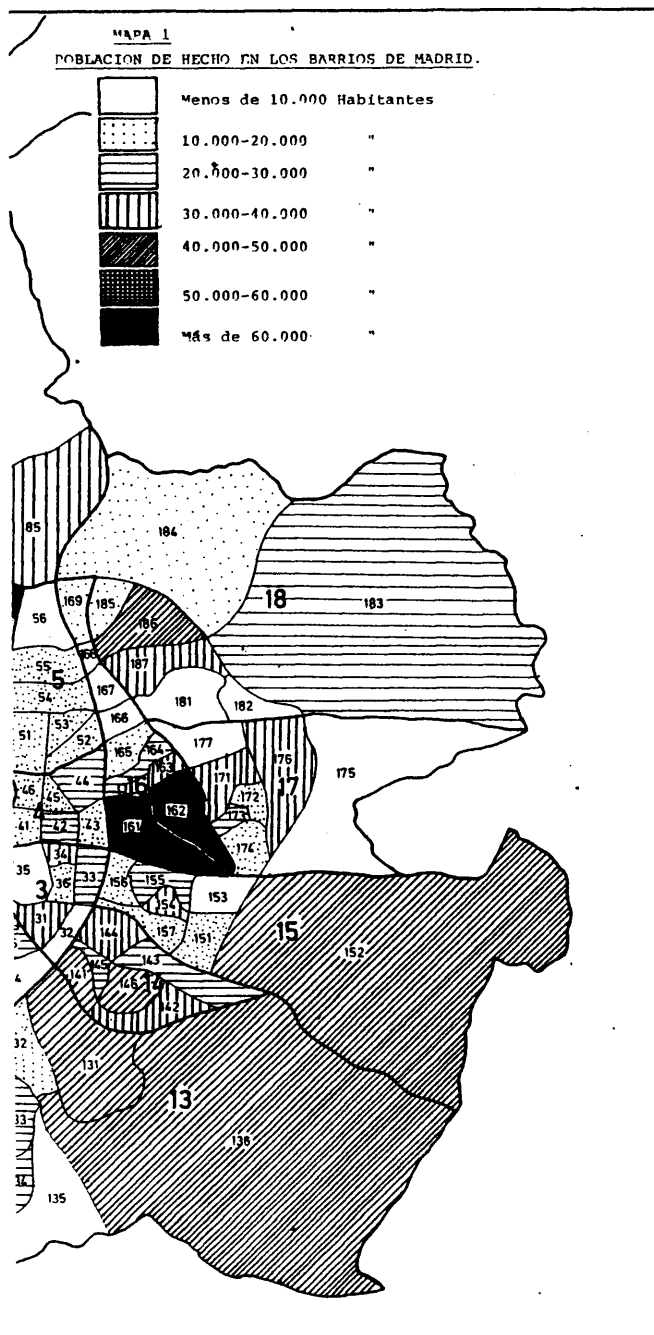
Notas 4.2.1.d.

- (1) Canal de Isabel II; Memoria 1939-1045. Madrid, 1945.
- (2) Canal de Isabel II. Memoria 1945-1950. Madrid, 1954 .
- (3) Canal de Isabel II. Memoria 1951-1969. Madrid, 1971.
- (4) Canal de Isabel II. Memoria 1970-1974. Madrid, 1978.
- (5) Canal de Isabel II . Memoria 1951-1969. Op. cit
- (6) MORENO TORRES, J. Conferencia dictada en el curso  
sobre ciudades nuevas, celebrado en la E.T.S. de Ingenie-  
ros de Caminos Canales y Puertos en 1980 ( Primer curso).

688'



688<sup>2</sup>



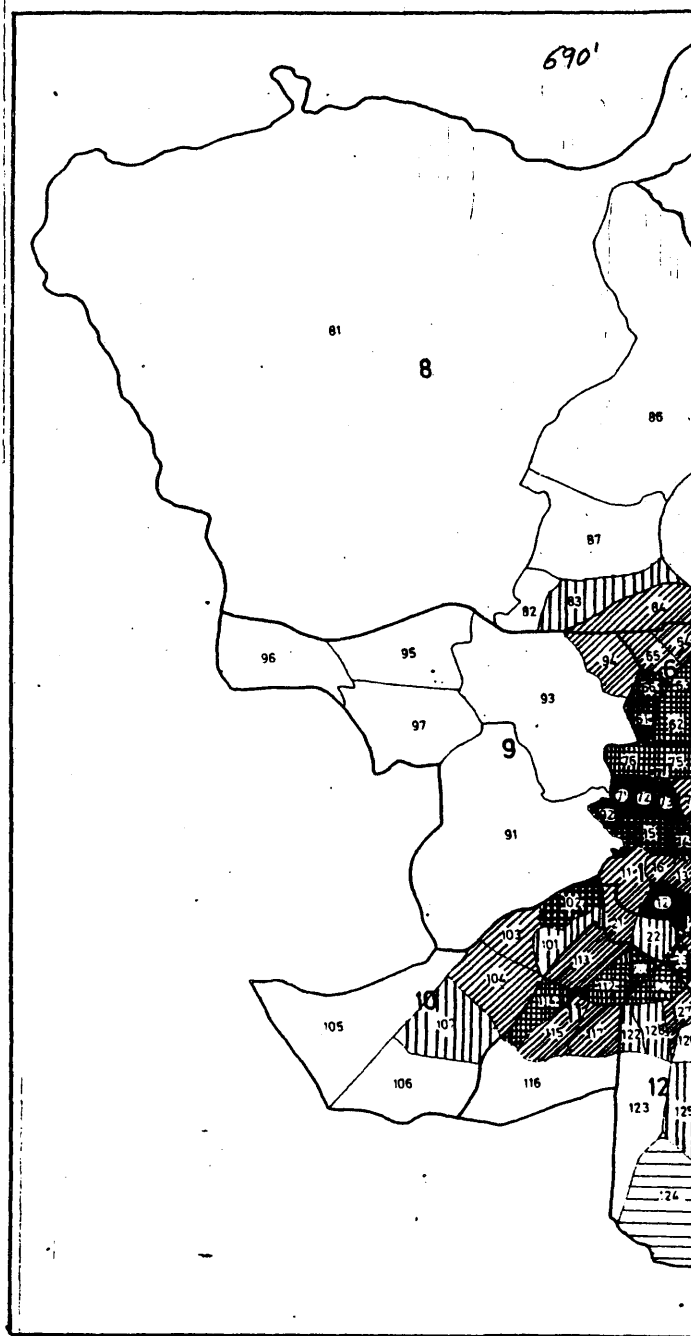
#### 4.2.2. El consumo y la dotación total en los barrios de Madrid

La aproximación realizada para averiguar el consumo en los barrios de Madrid por medio del programa "Sectores del Canal" es la primera que se realiza; por lo tanto en el trasvase de datos y posterior elaboración ha tenido un buen número de defectos; entre otros está el que sólo se ven los valores consumidos y facturados, es decir, que queda en cada zona, barrio o distrito, un 25% aproximado del consumo sin explicar, pero es de suponer que este valor se reparta por igual en todo el área de abastecimiento, con lo que la aproximación resulta válida en general, salvo en aquellas zonas donde exista chabolismo, que consume agua social, es decir, no facturada, y en donde existan parques públicos, por idénticos motivos, de modo que ambos casos verán ocultos los datos de consumo, y la dotación saldrá con defecto en relación a la población que habita en el barrio. También, y en otro orden de cosas existen desigualdades en los barrios, no sólo por las diferencias en cuanto al número de pobladores sino también por la superficie que ocupan y que van a hacer que existan serias dificultades en la comparación de los valores. Pero en última instancia, como no existe otra, es la única aproximación y por lo tanto es la más válida. Queda pendiente para otra ocasión una segunda aproximación que tengo en mente y que supongo más real; que consistirá en la elaboración y codificación cibernética de los datos del código territorial municipal, para compararlo con el código Sectores del Canal, siempre que cuente, como hasta ahora, con la amable colaboración del Canal de Isabel II.

He preferido comenzar el análisis de los valores de con-

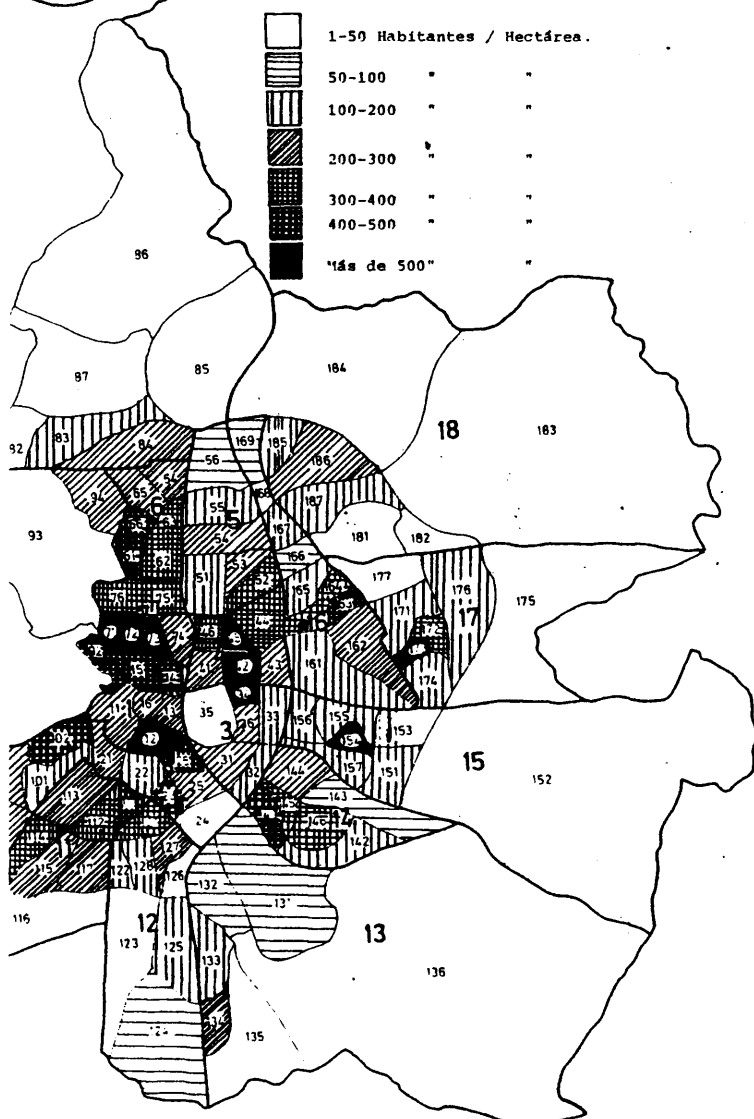
sumo y de la dotación totales, en vez de hacerlo por los valores de consumo domiciliario y público, o de consumo industrial, ya que la visión de conjunto es menos explicativa y permite sacar conclusiones de tipo espacial con mayor dificultad. Por esto, comienzo por el consumo y la dotación total, cuadro 1, mapas 3 y 4. Aunque también he expresado la población de los barrios de Madrid y sus densidades en los mapas 1 y 2 para ver mejor la relación entre consumo y estas variables que de alguna forma van implícitas en la dotación. De cualquier modo, entre ninguno de los valores de las cuatro columnas del cuadro 1 representado en los mapas adjuntos existe ninguna relación demostrable. Analizados cada uno separadamente quizás puedan obtenerse algunas deducciones comparables, pero no van a ser más que observaciones discutibles, y de escaso valor por diversos motivos:

1. La población por barrio es muy heterogénea en su cantidad; la mayor parte de los barrios tienen entre 10.000 y 20.000 habitantes, pero también los hay de menos de 1.000 y de 68.000 como Aluche; es difícil con estos valores sacar conclusiones de tipo espacial del mapa nº 1 excepto que hay barrios con mucha o poca población.
2. El mapa de densidades es función de la superficie del barrio no de la cantidad de habitantes, así barrios que en el epígrafe anterior tenían entre 10.000 y 20.000 ó entre 30.000 y 40.000 habitantes aparecen aquí con más de 500 hab./Ha. Solamente en un barrio la densidad es paralela a la cantidad de población y es en el de Embajadores 12,. Los barrios periféricos tienen menor densidad pero no existe un gradiente de densidad a nivel comparativo de barrios, entre el centro y la periferia, ya que, por ejemplo, un barrio del extrarradio como Amposta 173, tiene más de 500 hab./Ha. Unicamente en el Sur se podría establecer un gradiente entre densidad y distancia pero de forma excesivamente forzada.
3. El mapa de consumo total tiene poca relación con el resto, solamente donde existe mucha población hay mucho consumo y viceversa, por ejemplo en Aluche 104, que es un barrio con 89.000



6902

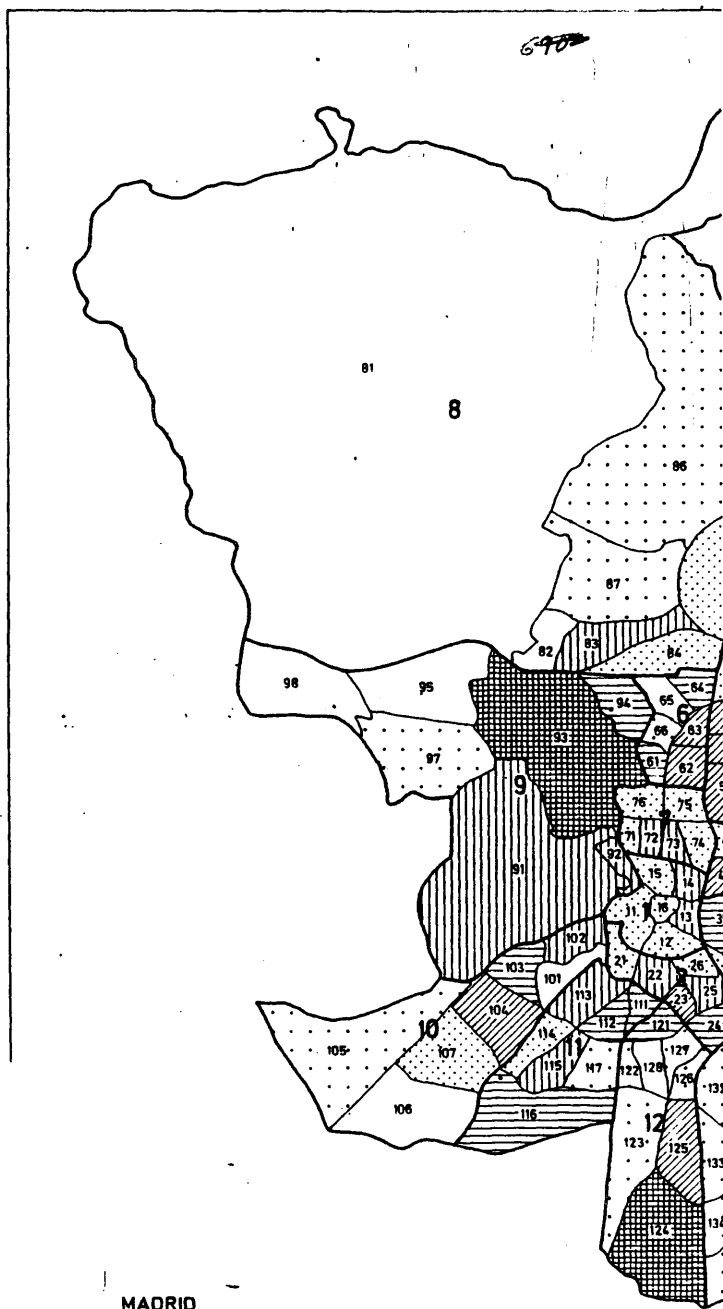
MAPA 2 DENSIDAD DE POBLACION EN MADRID 1975.



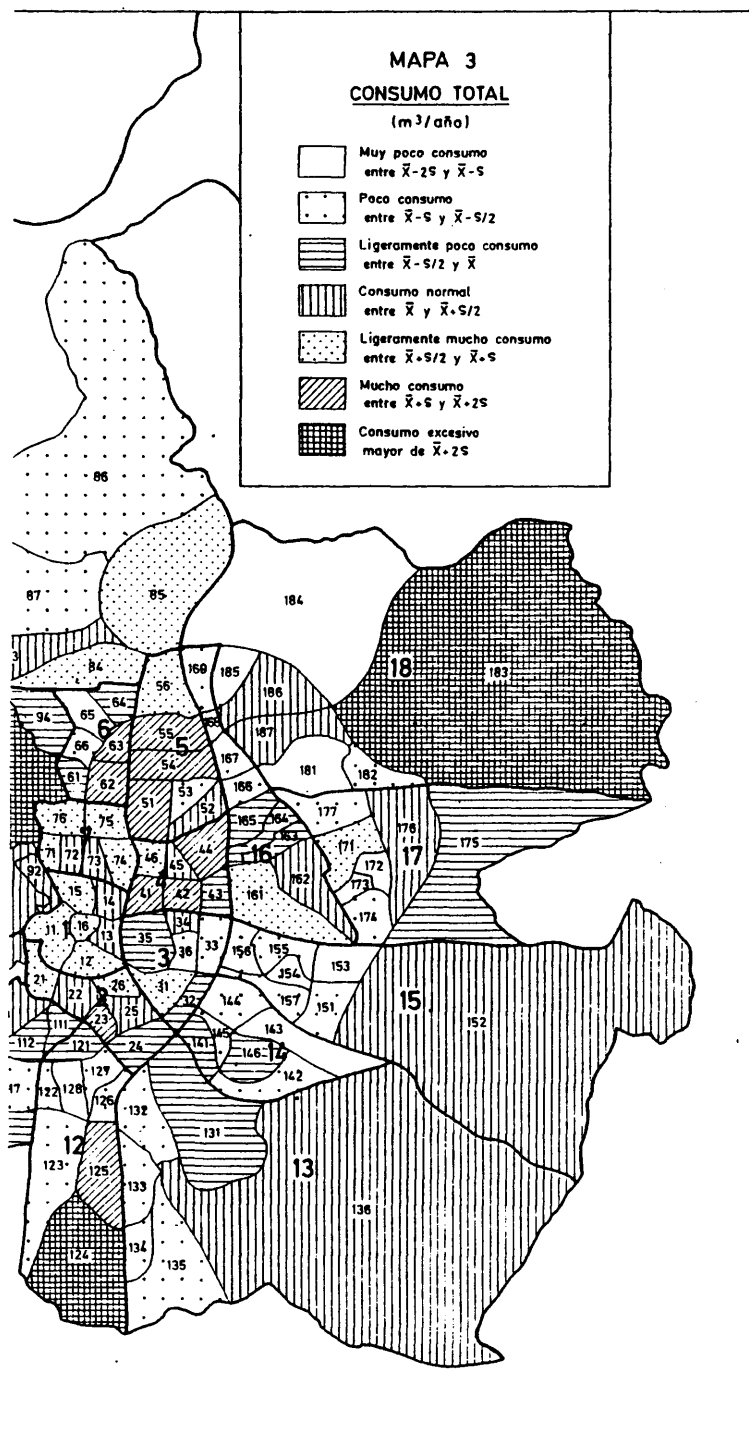


6903

6903



690'



Cuadro 1. Consumo\* y dotación total.

691.

Distrito y barrio	Nº Plano	Consumo total m <sup>3</sup> /año	Población	Densidad Hab./Ha.	Dotación total l/hab. y día
lacio	11	3.254.597,5	32.194	219	276,9
ajadores	12	3.806.240,2	62.421	612	167
ntes	13	2.537.789,9	15.986	270	452
sticia	14	2.963.200,3	24.988	407	324
iversidad	15	3.530.991,6	46.490	454	208
l	16	3.245.362,0	10.954	248	811,7
strito Centro	1	19.438.181,5	193.033	374	235,8
perial	21	3.656.112,6	20.444	219	489,9
acias	22	2.738.441,4	21.150	197	354,7
opera	23	4.151.238,1	25.472	446	446,5
gazpi	24	1.911.482,6	2.203	15	2.377,1
licias	25	2.563.554,7	20.156	201	348,4
guer	26	3.330.057,4	29.178	47	312,6
strito Aranzuela	2	18.350.875,8	118.603	209	423,8
fficio	31	3.704.626,5	35.183	275	288,4
elfas	32	1.750.088,4	9.343	105	513,2
trella	33	1.507.710,2	20.180	198	204,6
iza	34	2.468.755,1	30.140	632	224,4
rónimos	35	1.684.707,3	9.524	48	484,6
ño Jesús	36	1.454.508,5	14.908	235	267,2
strito Retiro	3	12.570.396,0	119.278	193	288,7
coletos	41	3.910.477,4	21.043	251	509,1
ya	42	4.426.895,6	41.546	542	291,9
ente del Berro	43	1.796.683,5	24.864	296	197,9
indalera	44	4.331.149,6	50.440	326	235,1
sta	45	2.715.377,2	26.115	502	284,8
stellana	46	3.772.385,2	24.747	329	417,6
strito Salamanca	4	20.952.968,5	188.755	358	304
so	51	4.321.232,8	19.567	118	605
osperidad	52	2.671.770,3	35.782	356	204,5
udad Jardín	53	1.554.193,6	19.899	257	213,9
spanoamérica	54	4.792.676,3	35.063	213	374,5
eva España	55	4.815.343,2	25.454	147	518,3
stilla	56	3.571.379,1	15.933	76	614,1
strito Chamartín	5	21.726.595,3	151.698	170	392,3
llas Vistas	61	2.216.008,9	28.783	419	210,9
atro Caminos	62	4.588.442,4	44.951	386	279,7
stillejos	63	4.830.600,3	22.149	318	597,4
menara	64	1.703.097,6	24.885	243	187,4
ldeacederas	65	505.455,6	25.539	221	54,2
rrugete	66	996.164,3	26.244	417	103,9
strito Tetuán	6	14.839.769,1	173.551	322	234,2

\* Son datos de facturación, falta el consumo no facturado y el agua no consumida bajo el epígrafe de usos sociales y públicos, es decir, riegos, fuentes, pérdidas, etc. Aunque sí están incluidos los usos públicos, edificios del Estado, Ayuntamientos, Hospitales, Comisarias, etc.

Distrito y barrio	Nº Plano	Consumo total m <sup>3</sup> /año	Población	Densidad Hab./Ha.	Dotación total 1/hab. y día
Gaztambide	71	3.161.565,3	30.804	617	281,1
Arapiles	72	2.989.052,9	32.273	705	208,6
Trafalgar	73	2.427.729,2	33.376	560	199,2
Almagro	74	3.481.996,7	25.146	274	379,3
Ríos Rosas	75	3.533.692,7	35.463	363	273
Vallehermoso	76	3.733.556,5	31.813	306	321,5
Distrito Chamberí	7	19.327.593,3	195.875	426	270,3
El Pardo	81	883.654	7.230	40	334,7
Fuente la Reina	82	526.287	3.134	30	460
Peña Grande	83	2.498.170	38.208	110	179,1
Pilar	84	3.696.185	62.530	217	161,9
Valverde	85	3.552.396,2	34.165	39	284,8
El Goloso	86	1.289.258,5	7.429	2	475,5
Mirasierra	87	1.566.775,3	8.962	12	478,9
Distrito Fuencarral	8	14.012.699,3	161.658	7	237,4
Casa de Campo	91	2.374.297	17.756	9	366,3
Argüelles	92	4.329.962,5	33.105	451	358,2
Ciudad Universitaria	93	8.393.209,8	17.008	13	1.351,9
Valdezarza	94	1.898.276,2	33.324	229	156
Valdemarín	95	262.724	428	1	1.618,7
El Plantío	96	380.963,5	1.583	3	659,2
Aravaca	97	1.436.595,5	6.775	12	580,8
Distrito Moncloa	9	19.076.028,5	109.979	22	477,2
Cármenes	101	675.340,1	19.913	152	92,9
Puerta del Angel	102	2.884.449,1	58.316	416	135,4
Lucero	103	1.804.837,9	42.890	263	115,3
Aluche	104	4.404.859	89.984	292	134
Campamento	105	1.379.737,2	19.863	21	190,2
Cuatro Vientos	106	249.835,5	2.644	5	258,9
Aguilas	107	3.371.110,2	63.157	170	146,2
Distrito Latina	10	14.770.169	296.767	116	136,3
Comillas	111	1.930.547,7	32.831	488	161
Opañel	112	1.731.752,8	38.304	354	123,8
San Isidro	113	2.269.338,8	42.512	222	146
Vista Alegre	114	3.323.113,5	51.806	396	170,4
Puerta Bonita	115	2.579.857,4	40.214	252	275,7
Buenavista	116	1.716.692,9	25.732	46	182,7
Abrantes	117	1.260.175,7	31.412	204	109,9
Distrito Carabanchel	11	14.711.478,8	262.811	191	153,3
Moscardó	121	1.798.656,8	33.197	373	148,4
Pradolongo	122	1.259.030	14.595	198	236,3
Orcasitas	123	1.433.055,9	18.971	46	206,9
San Andrés	124	5.982.651,9	45.876	71	357,2
Los Angeles	125	4.949.258	48.722	191	278,3
Carolinas	126	1.006.925,2	1.096	14	2.517
Almendrales	127	1.475.503,5	22.871	252	176,7
Usa	128	727.926,7	15.975	166	124,8
Distrito Villaverde	12	18.633.008,0	201.303	116	253,6

693.

trito y barrio	Nº Plano	Consumo total m <sup>3</sup> / año	Población	Densidad Hab./Ha.	Dotación total 1/Hab. y día
ta Catalina	131	2.138.477,3	49.273	72	118,9
Fermín	132	1.618.138	16.563	71	276,6
Rosales	133	1.592.121,7	27.093	156	161
Cristobal	134	1.266.577,4	22.833	204	151,9
arque	135	1.044.818,7	5.366	11	533,4
la de Vallecas	136	2.836.794,1	44.878	9	173,1
trito Mediodía	13	10.496.927,2	166.006	25	173,2
Diego	141	1.804.194,2	42.634	451	115,9
azo	142	1.397.272,2	30.057	151	127,3
tazgo	143	836.147,3	21.515	63	106,4
ancia	144	1.513.406,8	35.881	267	115,5
var	145	910.309,8	23.019	391	108,3
omeras	146	1.670.806,2	44.628	326	102,5
trito Vallecas	14	8.131.136,5	197.734	204	112,6
ones	151	891.006,2	17.313	159	141
álvaro	152	2.746.954	42.681	11	176,3
cajo	153	9.054	63	1	393,4
ateros	154	1.272.855,3	35.361	531	98,6
roquina	155	1.543.534,1	25.159	180	168
lia Legua	156	1.271.466,8	15.097	148	230,7
starrón	157	1.211.801,5	13.956	150	237,8
trito Moratalaz	15	8.946.671,9	149.630	34	163,8
tas	161	3.516.257	63.433	183	151,8
blo Nuevo	162	3.064.922,9	68.818	291	122
intana	163	1.810.498,2	32.001	453	155
cepción	164	1.884.604,3	27.970	314	184,6
Pascual	165	1.873.130	16.371	149	313,4
Juan Bautista	166	1.148.949,6	7.243	74	434,6
lina	167	856.158,8	6.190	105	378,9
laya	168	243.760,5	1.023	44	652,8
stillares	169	1.032.236,3	12.234	83	231,1
trito Ciudad Lineal	16	15.430.517,6	235.283	199	179,6
nancas	171	3.370.380	31.788	154	290,4
lín	172	702.626,9	17.798	322	108,1
posta	173	858.792,4	20.228	565	116,3
os	174	1.347.509,1	19.135	124	192,2
jas	175	1.746.162,3	7.135	6	670,5
nillejas	176	2.598.613,2	33.967	104	209,6
lvador	177	1.076.152,1	7.717	41	382
trito San Blas	17	11.700.236	137.768	66	232,6
overa	181	826.356,2	2.707	11	836,3
lomas	182	940.374,5	1.711	12	1.505,7
rajas	183	5.414.523,8	23.048	5	643,6
ldefuentes	184	523.013	12.807	8	111,8
óstol Santiago	185	772.163	15.675	126	134,9
nar del Rey	186	3.089.603,7	47.956	200	176,5
nillas	187	2.194.861,9	37.554	131	160
trito Hortaleza	18	13.760.896,1	141.458	21	266,5
tal Madrid		276.877.149,4	3.228.057	53	235

ente: Canal de Isabel II. Código Sectores del Canal. 1977  
 Excmo. Ayuntamiento de Madrid. Resumen Estadístico 1975  
 Elaboración propia.  
 \* Son datos de consumo facturado.

habitantes y es a la vez uno de los más consumidores, en el extremo opuesto está el Pardo 81, con poca población, poca densidad y poco consumo. Quizá en el epígrafe "de los que no tienen" sea donde se pueda sacar alguna relación, por otro lado, sin ningún sentido.

4. El mapa de dotación tampoco es comparable con los anteriores, los datos no tienen casi ninguna relación, únicamente donde hay un cierto consumo y relativamente poca población, hay valores altos de dotación o barrios con poca población que resultan con valores elevados en la dotación independientemente de la extensión superficial.

5. Por otro lado, el que sean 120 datos en cuatro columnas crea una gran dispersión en los valores que hace difícil entrever cualquier tipo de relación.

6. En los valores de densidad de población, si sería más factible establecer algún gradiente de densidad hallando valores medios por grupos de barrios afines, pero estaría también muy forzada y no tendría mucho sentido a esta escala.

He desistido en definitiva de tratar de establecer algún tipo de relación entre los datos de las cuatro columnas puesto que los inconvenientes son mayores que las ventajas, y dichas relaciones estarían en la mayor parte de los casos fuera de lugar y serían excesivamente pobres, incluso podrían ser desechadas con facilidad.

En un primer análisis del mapa 1, que trata del número de habitantes por barrio, lo primero que destaca es que los barrios más populares con una extensión superficial media son los más poblados, así tenemos El Pilar 84, Ventas y Pueblo Nuevo 161-162, Aluche y Aguilas 104-107, y un barrio céntrico, pero ocupado desde la más remota antigüedad por las clases bajas, Embajadores 12. Junto a estas características destaca el que barrio de hábitat caro y alto nivel de vida se encuentran casi despoblados con menos de 10.000 habitantes en áreas extensas, así son Mirasierra 87, La Piovera 181, Valdemarín, el Plantío y Aravaca 95-96-97. También se produce

un vacío urbano en aquellas zonas que no tienen población por su bajo grado de ocupación; como Rejas y Salvador 175-177, Castilla 56, (en este último se ubica la estación de Chamartín) y Cuatro Vientos 106 que está ocupado por un aeródromo, por último, El Pardo y el Goloso 81-86, el primero por ser zona eminentemente forestal y el otro por ser zona de servicios, aunque en la actualidad se pretenda crear un par de ciudades satélites.

Otra característica es que los barrios localizados entre la Castellana y la M-30 aparecen con poca población; son barrios pequeños con una ocupación media. Sin embargo, hacia el este, el oeste y el sur el número de pobladores por barrio aumenta casi hasta llegar a una última corona de barrios que circunda Madrid que poseen gran extensión superficial y poca población.

Por lo que se refiere a la densidad, mapa 2, lo primero que se aprecia es la corona exterior con valores muy bajos de ocupación, esto es lógico, los barrios exteriores son los que menos densidad tienen, este anillo de circunvalación es homogéneo y afecta por igual tanto a los barrios del Noroeste de clase social elevada como a los del este y sur de clases sociales más bajas. En el resto de los barrios la densidad es consecuencia no tanto de la población como de la superficie de ellos, así barrios poco poblados como los del distrito 4 aparecen en función de su poca extensión superficial con altas densidades, mientras que barrios superpoblados como el de Aluche 104 y El Pilar 84, tienen densidades medias, incluso uno de los barrios más poblados de Madrid Las Ventas del Espíritu Santo 161, aparecen con una densidad inferior a la media matemática.

Las observaciones que se refieren al consumo total, con ser más explícitas no reflejan en el mapa 3 hechos expresivos de relevancia; ya que nos dicen únicamente lo que consume

cada barrio de forma total sin pormenorizar<sup>1</sup> no se puede expresar ningún tipo de correlación (he probado a comparar con las otras variables y los coeficientes de correlación son muy bajos, al mismo tiempo que los residuales salen disparatados, con lo que he preferido no mencionarlos ).

En conjunto los valores más bajos se encuentran en las zonas periféricas que a priori no tienen más ocupación que la domiciliaria; distrito de Mediodía 13, Vallecas 14, Moratalaz 15, parte de Villaverde 12, barrios 105 y 106, islotes dentro de Ciudad Lineal 16 y de Hortaleza 18. No hay un paralelismo especial entre ellos en cuanto a superficie ya que la extensión que ocupan es diferente.

En conjunto existe un consumo medio alto en los barrios del centro urbano: distritos Centro 1, Arganzuela 2, Retiro 3, Salamanca 4, Chamberí 5, Bellas Vistas 6, casi todos los barrios están sobre la media matemática, incluso los que circundan la Castellana.

Los barrios de mayor consumo son totalmente dispares, quizá la única característica común sea que son de gran extensión superficial, pero no tienen ningún otro tipo de paralelismo, pues ni están en áreas limítrofes, ni tienen actividades similares; y son la Ciudad Universitaria, el barrio de Barajas, y el barrio obrero industrial de Villaverde, es decir, barrio de San Andrés 124. Otro de los más consumidores aunque en un epígrafe menor es Aluche que cuenta con gran población y que por tanto aparecerá en los mapas de consumo domiciliario como uno de los de mayor consumo.

Del resto de los barrios se pueden establecer pocas conclusiones; únicamente que existe una disimetría evidente entre el eje noroeste-sureste de nuestra ciudad, ya que hacia el noroeste se produce un vacío en el consumo, mientras que en el suroeste tiene barrios bastante más consumidores, este he-



cho es un reflejo de la ocupación y del número de habitantes de los barrios. Tampoco se aprecian ejes de consumo, ni ningún gradiente espacial consumo-distancia, ni existe ninguna relación entre consumo y otra variable de forma clara.

El mapa 1 está basado en los valores de la media y la desviación típica para su delimitación, adjunto la clave que los identifica:

Barrios	Media y desviación típica	m <sup>3</sup> /año
Muy poco consumo	entre $\bar{x}-2s$ y $\bar{x}-s$	menos de 891.582
Poco consumo	entre $\bar{x}-s$ y $\bar{x}-s/2$	entre 891.582 y 1.624.391,63
Ligeramente poco consumo	entre $\bar{x}-s/2$ y $\bar{x}$	entre 1.624.391,63 y 2.357.201,25
Consumo normal	entre $\bar{x}$ y $\bar{x}+s/2$	entre 2.357.201,25 y 3.090.010,88
Ligeramente mucho consumo	entre $\bar{x}+s/2$ y $\bar{x}+s$	entre 3.090.010,88 y 3.822.820,5
Mucho consumo	entre $\bar{x}+s$ y $\bar{x}+2s$	entre 3.822.820,5 y 5.288.439,75
Consumo excesivo	mayor que $\bar{x}+2s$	mayor de 5.288.439,75

El último valor es el de la dotación total, mapa 4. He de hacer una primera observación importante, y es que el criterio de selección para expresar la dotación es un criterio universal; es decir, que he utilizado unos valores para delimitar a nivel mundial en consumos de tipo urbano, por contraste con lo que sucede en España, donde una dotación de 200 a 350 litros/habitante y día de consumo total para una ciudad no es un valor "ligeramente poco dotado" sino un buen valor de dotación muy aceptable e incluso excelente. Sin embargo, a nivel universal son valores bajos ya que por ejemplo París tiene 500 litros/habitante y día, es decir 1.550 Hm<sup>3</sup>/año y se prevee que alcanzará en 1885 los 2.200 Hm<sup>3</sup>/año, Chicago, por ejemplo, alcanza los 1.000 litros/habitante y día y Los .

Angeles alcanza los 1.200 litros/habitante y día en zonas residenciales extensas. El mapa sin embargo refleja muy bien las condiciones objetivas de la dotación. En primer lugar, Madrid queda dividido en tres zonas; A) Con buenas dotaciones, y forzando la clasificación, en cierta medida, con dotaciones de clase social elevada,

B) Con dotaciones medias o de los barrios centrales.

C) Con bajas dotaciones o de los barrios obreros.

En los tres apartados suelen entrar los barrios industriales, de ahí la expresión anterior de clasificación forzada.

El primer epígrafe es evidente; todo el distrito de Moncloa 9, queda sobre la media; del distrito 8, los barrios de mejor condición social, Fuentelarreina y Mirasierra 82-87 quedan sobre la media al igual que Recoletos 41, el Viso 51; en el oeste, la Ciudad Lineal de Arturo Soria con los barrios 166-167-168 quedan también sobre la media, así como Piovera y Palomas 181-182, es decir los barrios de urbanización residencial con viviendas unifamiliares y bien urbanizadas y dotados de equipamiento. También en este grupo quedan barrios marginales a esta clasificación como Sol 16, barrio comercial, Legazpi 24, industrial, Barajas 183, con su aeropuerto, etc. Pero son muchos menos y no alteran la visión anterior.

El segundo epígrafe es el de los barrios medios; estos ocupan el centro de la ciudad y los barrios industriales del sur, son la mayor parte de los barrios de los distritos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 12, aunque también aparecen otros barrios dispersos.

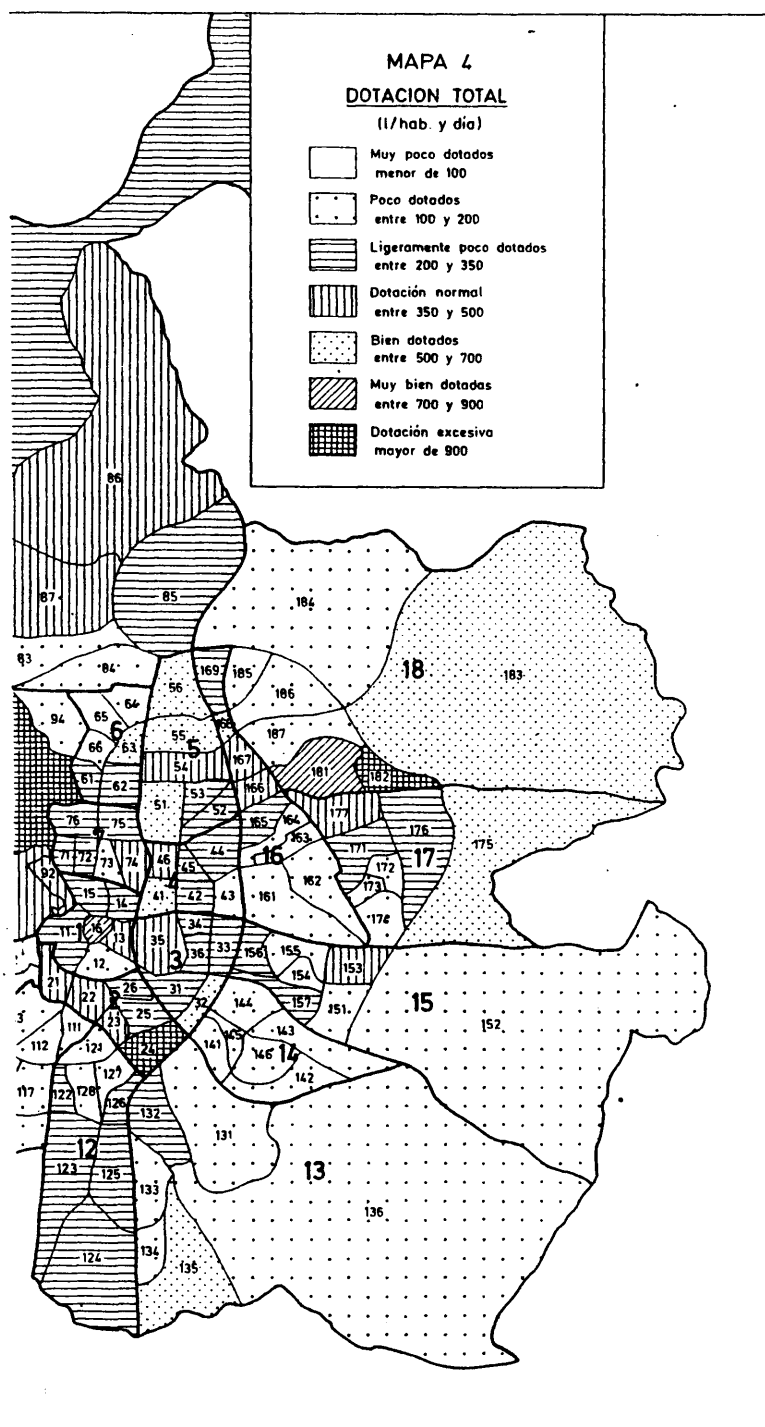
Por último los que poseen una dotación baja son los barrios de clases medias y bajas del sur y este de Madrid; distritos 10, 11, parte del 12, 13, 14, 15 así como algunos

698'

698'



MADRID  
Escala = 1:100.000



699.

barrios obreros de los distritos 16, 17 y 18, en el resto de los distritos los barrios 83, 84, 64, 65, 66, 12, etc.

Esta visión de conjunto no es más que un avance de análisis que será más pormenorizado con los valores de consumo y dotación domiciliaria y pública agrupadas y de consumo industrial que van a matizar más la observación de toma de contacto que he realizado en este apartado.

#### 4.2.3. Evolución de los hábitos de consumo y de la dotación .

A lo largo de la historia los hábitos de consumo han sido variables, especialmente en el ciclo posterior a la revolución industrial, ya que con anterioridad las variaciones de la dotación eran muy escasas\* y estaban en función del medio natural. Hoy la variación de la demanda no sólo es distinta de forma espacial sino también temporal, ya que camina hacia un consumo, en  $m^3/año$  por abonado, mayor. Este hecho es irreversible, cada vez son mas los abonados que pasan de un grupo de consumo, en  $m^3/año$  o en litros/hab. y día, hacia otro mayor.

En este epígrafe analizaré no sólo las disposiciones que tratan de las dotaciones, sino su evolución, y como es lógico, la propia variación de la dotación y de los hechos relacionados con ella en nuestro país y en Madrid.

"La cuantía de consumo por habitante y día(1) es un dato importante al que se han referido muchas disposiciones: las leyes de agua (1.866 y 1.879), que fijan la cantidad en 50 l./habitante y día, de los cuales 20 serán potables. Esta disposición fue modificada por el Estatuto Municipal de 1924, en su artículo 185 disponía que la dotación de agua potable por habitante y día sería de 200 litros para las ciudades y 150 para las poblaciones rurales, disposición que se desarrolló en el Reglamento de Sanidad Municipal de 9 de febrero de 1925 que fija las mismas cuantías de agua y señala que se consideran pequeños municipios a los de menos de 15.000 habitantes. Sin embargo, la ley de Sanidad Nacional en su base XVIII determina que, según las características de las aglomeraciones urbanas se fijará la cifra de consumo por habitante y día. En 1950, \*Eran escasas cuantitativamente pero muy elevadas en relación a las bajas dotaciones existentes.

por Decreto de 17 de Marzo se fija la dotación de los municipios en 150 litros por habitante y día para aquellos que tengan menos de 25 litros por habitante y día de agua potable".

Por lo que hace referencia a los alojamientos turísticos; "el Decreto 3.787 / 1970, sobre requisitos mínimos en alojamientos turísticos exige una dotación de 200 litros por habitante y día, que deben quedar garantizados por medio de depósitos o aljibes de distinta capacidad, según la garantía del servicio que ofrezca la red o medio de suministro".

La realidad es que si el consumo urbano se ha cifrado en los 300 ó 350 litros por habitante y día, las cifras de las explotaciones turísticas serán de este orden, incluso mayores, de 400 litros por habitante y día.

Con posterioridad el Ministerio de Planificación del Desarrollo (2) recoge los diferentes criterios establecidos por distintos organismos respecto de las dotaciones en núcleos rurales y urbanos, y los critica de forma racional.

El primero de los que cita es el del Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento

Dotaciones según el P.N.A.S. (3)

Nivel urbanístico según el número de habitantes	Necesidades en litros/hab. y día	
	1960	1995
A Menores de 1000	100	200
B Entre 1000 y 6000	150	300
C Entre 6000 y 12000	175	350
D Entre 12000 y 50000	200	400
E Entre 50000 y 250000	300	600
F Mayores de 250000	400	800

Estas dotaciones se corresponden con las del II Plan de Desarrollo.

El Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento partía en

el caso de las dotaciones de cifras ideales que en nuestro país no se conocían, ya que Madrid no pasaba en aquélla época de 250 litros por habitante y día y el resto de las grandes ciudades tenían dotaciones inferiores a 400 litros por habitante y día, aún hoy es difícil que una ciudad española supere dicha cifra. Sin duda se debieron fijar en otro país europeo para componer esta tabla. Es más, en el año 1976 el diario Ya (15-VII-1976) indicaba que el déficit de agua era en la provincia de Madrid el 25% inferior a las dotaciones previstas por el Plan, lo que no sabía el informador era que se partía con más de ese déficit en los datos de 1960.

También se recogen las aproximaciones del Servicio de Estudios del Banco Urquijo (4) con modificaciones sustanciales en los niveles urbanos:

Habitantes por municipio	Dotaciones l/hab. y día
De 50 a 1000	100
De 1001 a 6000	125
De 6001 a 12000	150
De 12001 a 50000	175
De 50001 a 250000	225
Mayores de 250000	275

El centro de Estudios Hidrográficos (5) da en 1971 unos valores utilizando la fórmula de Capen ajustada a los tiempos resultando unas dotaciones teóricas que incluyen las dotaciones de las industrias cuando están integradas o diseminadas en los núcleos.

Estas dotaciones son más reales que las del Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento, aunque es posible que en niveles de ciudades pequeñas estén exagerados al igual que en el epígrafe de grandes ciudades, puesto que Madrid no alcanza las dotaciones que indica con anterioridad, de forma que por ejemplo los 365 litros por habitante y día de 1974 son en realidad 300 y los 400 de 1980 estarán situados sobre los 350 como má-



Dotaciones según el C.E.H.				
Niveles urbanísticos según	Dotaciones			
el número de habitantes.	1970	1974	1980	1995
Coefficiente de Capén	K= 130	K= 136	K= 150	K= 190
De 1.000 a 6.000	150	160	175	220 l/h.d.
De 6.000 a 12.000	175	185	200	250 "
De 12.000 a 50.000	200	215	230	290 "
De 50.000 a 100.000	220	230	255	320 "
De 100.000 a 200.000	240	255	275	350 "
De 200.000 a 400.000	260	275	300	380 "
De 400.000 a 1.000.000	290	300	335	420 "
De 1.000.000 a 2.000.000	320	335	365	460 "
De 2.000.000 a 3.000.000	340	355	390	490 "
Más de 3.000.000	350	365	400	510 "

ximo y en torno a los 325 litros por habitante y día. La explicación de este hecho hay que buscarla en la fórmula de Capen:

$$D (l/hab. día) = K \cdot P^{0,125}$$

que es una exponencial en la que "P" es la población en miles, "K" es un coeficiente medio y "D" es la dotación, por tanto es más correcto utilizar un ajuste con curva logística, ya que la anterior hace que los valores bajos y altos aparezcan dislocados.

Las dotaciones del III Plan de Desarrollo son también exageradas no sólo en las dotaciones ideales sino también en las estrictas porque los presupuestos de partida para el año 1960 son exagerados. (6)

III Plan de Desarrollo			
Población habitantes	1960	1980	
		IDEAL	ESTRICTO
10.000 -----	150	225	165
30.000 -----	200	300	225
50.000 -----	300	450	350
250.000 -----	400	600	475

Por último señalar que COPLACO en el Plan de infraestructura de la provincia de Madrid del año 1.974 da unos datos totalmente desproporcionados para el futuro en lo que se refiere a la dotación y a la población. Las previsiones dependerán de las características socioeconómicas de los sectores afectados así como de las instalaciones industriales previstas. La instalación de nuevos sistemas de abastecimiento atenderían por medio de aguas superficiales o de recursos subterráneos, estos últimos deberán tener en cuenta las condiciones del medio natural y se atenderán a unas medidas de protección de acuíferos en terrenos cedidos gratuitamente que deberán tener una superficie de 100 m<sup>2</sup> por pozo. .

El crecimiento de la población, y consiguientemente de la dotación no va a ser tan elevado como se exponen en las previsiones de COPLACO.

Nivel de asentamiento habitantes	Dotación litros habitante y día			
	Año 1.970	Año 1.975	Año 1.985	Año 2.000
Menor de 1.000	100	110	135	180
de 1.000 a 6.000	150	165	200	270
de 6.000 a 12.000	200	220	265	360
De 12.000 a 50.000	250	275	335	450
De 50.000 a 250.000	300	330	400	540
Mas de 250.000	400	440	535	720

Fuente: COPLACO. Plan de Infraestructuras básicas . Madrid, 1.974.

Se parte de valores muy elevados para el año 1.970, si se piensa en la ciudad de Madrid, ya que el déficit de partida es comparado con los datos reales de un 20%. Por otro lado, es utópico pensar que si la dotación no ha aumentado de forma elevada en lo que va de siglo, ya que de 1.910 a 1.977 sólo <sup>aumenta en 100 litros y día</sup> es muy difícil que en 30 años aumente del 200 al 240%, máxime si se piensa en la actual crisis económica, y en que las construcciones públicas no son ajenas a ella.

CUADRO COMPARATIVO DE DIVERSOS CRITERIOS DE DOTACION (l/h.d.)

Población (Hab.)	Criterio del PNAS (1)				C.H.P.O. (Sec.B) (2)		C.E.H. (3)		C.E.H. (4)		C.H. Capen (5)		Teóricas (6)		Población (Hab.)
	1960	1970	1980	1995	2010	1980	Origen	25 años	Origen	25 años	K=130	K=190	1970	1995	
1.000	100	122	149	200	269		50	72	100	164	130	190			1.000
							150	217	150	246	163	238	150	220	
6.000	150	183	223	300	403	150	175	251	200	328	177	260	175	250	6.000
	175	214	260	350	471										12.000
12.000							200	290	250	410			200	290	
25.000	200	244	297	400	538	200					212	310	220	320	50.000
50.000						250					232	338			100.000
100.000	300	366	446	600	807				300	492	252	369	240	350	200.000
200.000													260	380	
250.000									400	656	276	402			400.000
400.000	400	488	594	800	1076								420	480	1.000.000

(1) Para núcleos de crecimiento anual superior al 0,5%, coef. = 1,02<sup>n</sup>. P.Nacional

(2) En el proyecto de abastecimientos con agua del Ter. Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental.

(3) Propuesta de "Nueva instrucción". (1.965). Editada pero no publicada y sin validez oficial. Centro de Est.Hidrográficos.

(4) Normal provisionales para la redacción de proyecto de abastecimiento y saneamiento a las poblaciones (1.971). Centro de Estudios Hidrográficos.

(5) Según la fórmula de Capen. Planificación del Desarrollo

(6) Ministerio de planificación: Estudio sobre equipamiento en estructuras y servicios urbanos.Madrid, 1.975.

El Ministerio de Planificación del Desarrollo en su estudio sobre equipamiento (7) da un cuadro comparativo (cuadro 1), de los criterios de dotación, en el que se incluyen las dotaciones teóricas que se corresponderían con los niveles de población en España para 1.970 y 1.995. La aproximación teórica de la columna (6) es sin duda la más correcta, puesto que parece tener en cuenta la actual crisis económica que está haciendo ilusorias las anteriores prospecciones.

Las dotaciones que calcula para 1.995 son, de todos los criterios, la que da cifras más bajas para ciudades de más de 400.000 habitantes, e incluso en niveles superiores es la que da valores a la dotación ciertamente poco elevados, 480 l./ hab. y día, que a mi me parece todavía bastante alta, pensando que en Madrid la dotación está estancada, pero comparando con los 800 l./ hab. y día del Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento me parece más real, incluso si pasásemos a otro período de desarrollo y auge económico.

El mayor error, a mi juicio, de los datos de estas prospecciones y criterios es, sin duda, que parten de bases excesivamente elevadas, exageradas y casi triunfalistas, ya que si las bases de partida fuesen más reales, las prospecciones que se hicieron hubieran resultado más certeras.

Incluso las dotaciones de la columna (6) son excesivamente elevadas, ya que parten de un mínimo de 150 litros hab./y día para núcleos de menos de 6.000 habitantes, cuando existen comarcas que no superan los 80 litros/hab. y día de dotación real en los mismos años 70. Cualquier planteamiento que se haga con fines planificadores deberá partir, no de las bases teóricas y técnicas del resto de la comunidad de países occidentales y desarrollados, sino de los estudios previos de la realidad de nuestro país a niveles local, comarcal, regional y de áreas metropolitanas, para que con un previo conocimiento de los hechos objetivos se pueda planificar el futuro sobre bases sólidas.

De cualquier forma, se debe tender en el futuro a disponer de 500 l./hab. y día para todos los usos (8). Pero esta cifra es todavía un sueño, ya que las ciudades europeas en la actualidad gozan de dotaciones medias de 400 l. por hab. y día y las privilegiadas ciudades norteamericanas de 600 l. por hab. y día.

En Madrid el consumo por habitante según el tipo de vivienda es el siguiente:

Tipo I. Viviendas modestas..... 45 l./hab. y día  
 Tipo II. Viviendas medias ..... 100-200 l./hab. y día  
 Tipo III. Viviendas caras..... 200 l./ hab. y día

Claro está que se trata sólo de consumo domiciliario; ya que para Vigueras (10) los valores de la dotación para 1.970 serían los siguientes:

TIPO	Consumos domiciliarios directos	Cuarteles, Beneficencia etc.	Municipales	Total (1)+(2)+ +(3) = (4) = 5	Pérdidas 0,25. (4) =	Total general 4 + 5
I	45,6	4,6	5,0	55,0	11	66,0
II	102,7	10,3	11,3	124,3	24,9	149,2
III	300,6	30,1	33,1	323,5	64,7	388,2
Medio	109,0	10,9	12	131,9	26,4	158,3

Así calcula que los usos industriales son el 75% del consumo medio. Es decir, que en 1.970 118 l./ hab. y día de dotación industrial sumados a los 158,3 l./ hab. y día totales harían una dotación de 276,3 l. /hab. y día para Madrid; esta cifra no está de acuerdo con una apreciación de García Agustín (11) que da la dotación de 1.970 para la zona abastecida por el Canal diciendo que es de 322 litros/ hab. y día distribuidos de la siguiente forma:

Doméstico... 49% .....	157,78	l./hab. y día		
Industrial.. 17% .....	54,75	"	"	"
Beneficencia 6% .....	19,32	"	"	"
Servicios				
Gratuitos.....8% .....	125,76	"	"	"
Pérdidas .....20% .....	64,40	"	"	"

Estos datos son similares a los que da el Excmo. Ayuntamiento de Madrid en los resúmenes estadísticos (12):

Año	Población	Consumo						Dotación	
		(1) Hm <sup>3</sup>	(1) %	(2) Hm <sup>3</sup>	(2) %	(3) Hm <sup>3</sup>	(3) %	Total	Excmo. Canal Ayto.
1.965	2.793.510	144,5	52	44,8	16	87,7	32	277	271 264
1.966	2.866.728	-	-	-	-	-	-	-	- 303
1.967	2.949.801	178	50	60	17	121	33	359	334 323
1.968	3.030.689	183	50	61	17	125	33	369	333 329
1.970	3.146.071	185	50	62	17	126	33	373	325 295
1.971	3.209.498	194	50	64	16	130	34	388	340 295
1.972	3.274.478	199	49	67	17	136	34	403	337 299
1.973	3.334.086	213	50	72	17	145	33	430	345 309
1.974	3.386.440	176	41	144	34	109	25	429	347 294
1.975	3.201.234	157	41	83	22	144	37	386	330 309

(1) Consumo domiciliario

(2) Consumo industrial

(3) Consumo público mas riegos, fuentes, pérdidas, mas no facturados.

Los datos del Ayuntamiento son sólo para el término municipal de Madrid, mientras que los del Canal, únicamente en el caso de las dotaciones, son para la ciudad y los pueblos abastecidos por esta empresa. En este cuadro se aprecia como la dotación calculada por el Ayuntamiento para la ciudad es superior a la del Canal para el área abastecida. Otro hecho importante es que la dotación industrial no sea superior al 20%, mientras que la domiciliaria se mantiene sobre el 50%, sin contar con el consumo de que parte del sector público, también tiene un aspecto domiciliario, cárceles, cuarteles, colegios, hospitales oficiales, etc.

Una forma indirecta para averiguar la variación del consumo per cápita son las estadísticas de abonado; las fuentes utilizadas en este caso son básicamente las Memorias del Canal de Isabel II de 1950, 1970 y 1974, que, aunque con diferentes criterios, reflejan el trasvase de abonados a grupos de consumo mayores. Debe entenderse por abonado cada contador de agua, es decir, finca, edificio, local o vivienda con un contador; de forma que puede haber una familia o empresa con un solo contador o varias familias y locales comerciales igualmente con un solo contador, con lo que los datos sólo sirven para comparar<sup>las</sup> entre sí o a través del tiempo.

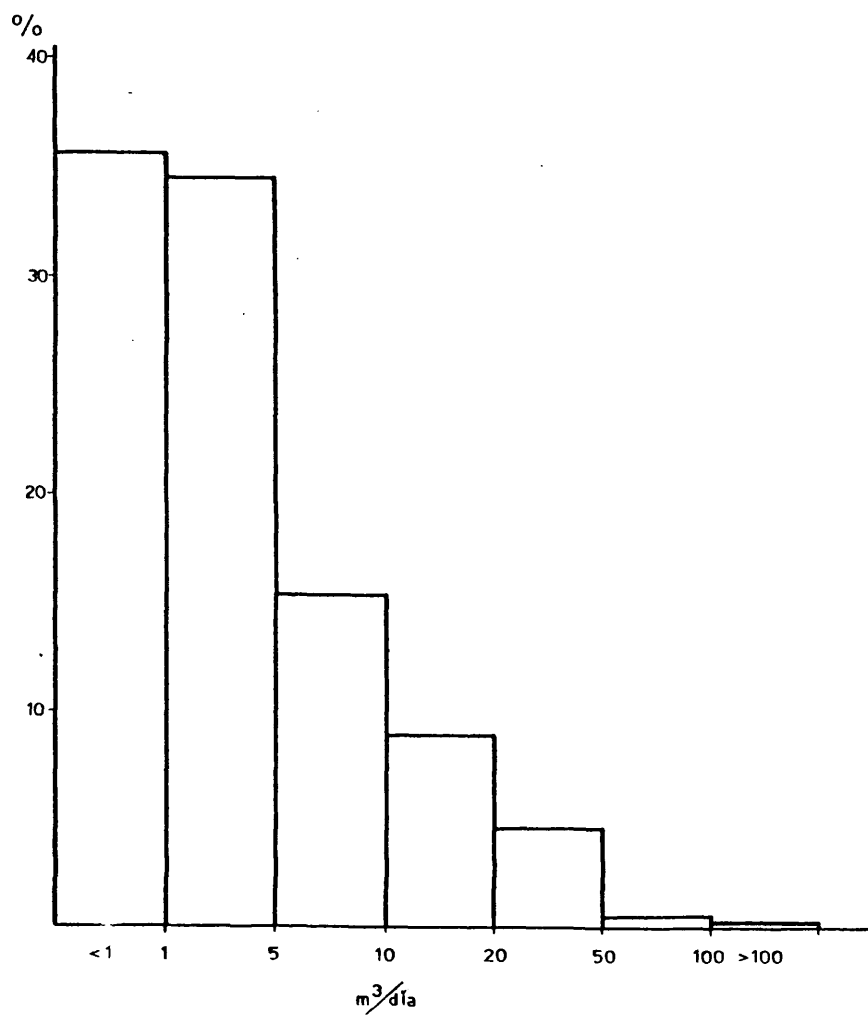
En 1950 la situación del consumo era la que refleja el cuadro y la figura 1.

Número de abonados el 31 de Diciembre de 1950 clasificados por sus consumos medios diarios.

<u>metros cúbicos día</u>	<u>abonados</u>
menos de 1	11.650
de 1 a 2	4.626
de 2 a 3	2.964
de 3 a 4	2.010
de 4 a 5	1.687
de 5 a 6	1.421
de 6 a 7	1.183
de 7 a 8	1.106
de 8 a 9	846
de 9 a 10	705
de 10 a 11	586
de 11 a 12	450
de 12 a 13	371
de 13 a 14	326
de 14 a 15	233
de 15 a 16	214
de 16 a 17	202
de 17 a 18	193
de 18 a 19	186
de 19 a 20	183
de 20 a 21	162
de 21 a 22	148
de 22 a 23	131
de 23 a 24	123
de 24 a 25	104

.../...

FIGURA 1  
1950 ESTADISTICA DE ABONADOS POR SUS CONSUMOS UNITARIOS





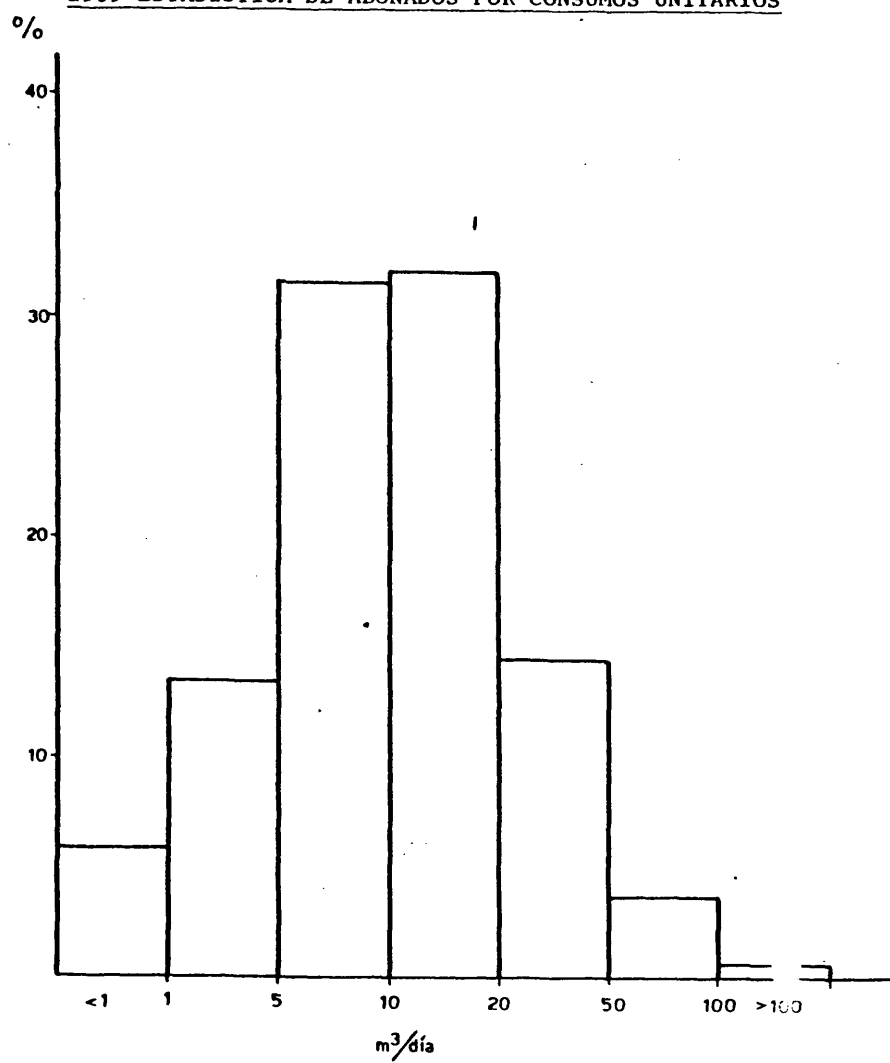
.../...

metros cúbicos día	abonados
de 25 a 50	889
de 50 a 100	202
de 100 a 500	82
de 500 a 1.000	8
de 1.000 a 2.000	4
más de 2.000	1
<hr/> Total	<hr/> 32.996

Fuente: Canal de Isabel II. Memoria. 1950

Se aprecia que el mayor número de abonados consumían pequeñas cantidades de agua, el 85% de los abonados consumían menos de 10 metros cúbicos por día, es decir, menos de 10.000 litros/día, esto es normal; pero es que además el 50% de los abonados consumían menos de 3000 litros/día, suponiendo que la razón habitante de Madrid/ abonado del canal fuese de 50 a 1, es decir, 1.618.435 habitantes/32.996 abonados, la dotación aproximada de ese 50% de abonados sería inferior a 50 litros por habitante y día, en definitiva, una dotación muy baja. Mientras que el 85% anterior tendría una dotación inferior a 200 litros/habitante día, y sólo el 15% aproximadamente tendría dotaciones superiores a esta cifra; si en este grupo se incluyese lógicamente las industrias, que son las más consumidoras y el sector público, es de suponer que en el año 1950 serían más bien escasos los abonados de dotaciones elevadas. Así, el tipo de gráfico resultante en este año es descendente desde los valores de consumos más bajos a los más altos, hecho que indica un grave desequilibrio y una gran disimetría en el consumo, que es un fiel reflejo de los desequilibrios sociales de posguerra. Además, por otro lado no están reflejados los que no consumían prácticamente nada.

Estos valores han cambiado 20 años después, en 1969, gráfico 2; se ha producido el Plan de Estabilización:

FIGURA 21969 ESTADISTICA DE ABONADOS POR CONSUMOS UNITARIOS

Estadística de abonados clasificados por consumos unitarios

m <sup>3</sup> /día	Abonados				Variación porcentual
	1.950		1969		
	Número	%	Número	%	
menos de 1	11.650	35,32	6.106	5,82	-29,49
de 1 a 5	11.287	34,21	13.682	13,04	-21,17
de 5 a 10	5.261	15,94	33.019	31,47	+15,53
de 10 a 20	2.934	8,89	33.336	31,82	+22,93
de 20 a 50	1.567	4,75	14.857	14,16	+ 9,41
de 50 a 100	202	0,60	3.588	3,42	+ 2,82
más de 100	95	0,29	283	0,27	- 0,02
Total	32.996	100	104.921	100	

Fuente: Canal de Isabel II. Memoria de 1950.

Las condiciones económicas y sociales son distintas, el número de abonados que consumen menos de 1 m<sup>3</sup>/día ha descendido considerablemente al 5,82%; de ser éste el epígrafe más consumidor, en 1950, ha pasado a ocupar el quinto puesto. El mayor número de abonados se encuentra entre 5 y 50 m<sup>3</sup>/día, concretamente más de las tres cuartas partes, incluso en un epígrafe de consumo que va de 20.000 l/día a 50.000 l/día se ha producido un aumento de casi el 10% o lo que es lo mismo de 13.000 abonados que es una cifra mayor que la que tenía el epígrafe de máximo consumo en 1950. En definitiva la industrialización por un lado y las mejoras cualitativas y cuantitativas del nivel de vida han provocado una traslación del consumo hacia niveles más altos.

De los años posteriores sólo se puede encontrar la variación del número de abonados y del consumo medio a nivel comparativo y de forma muy superficial, porque las fuentes (Memoria del Canal de Isabel II de 1974) ha cambiado los tipos de consumo en la cantidad consumida y en los intervalos, únicamente en la figura 3 se puede ver un desplazamiento

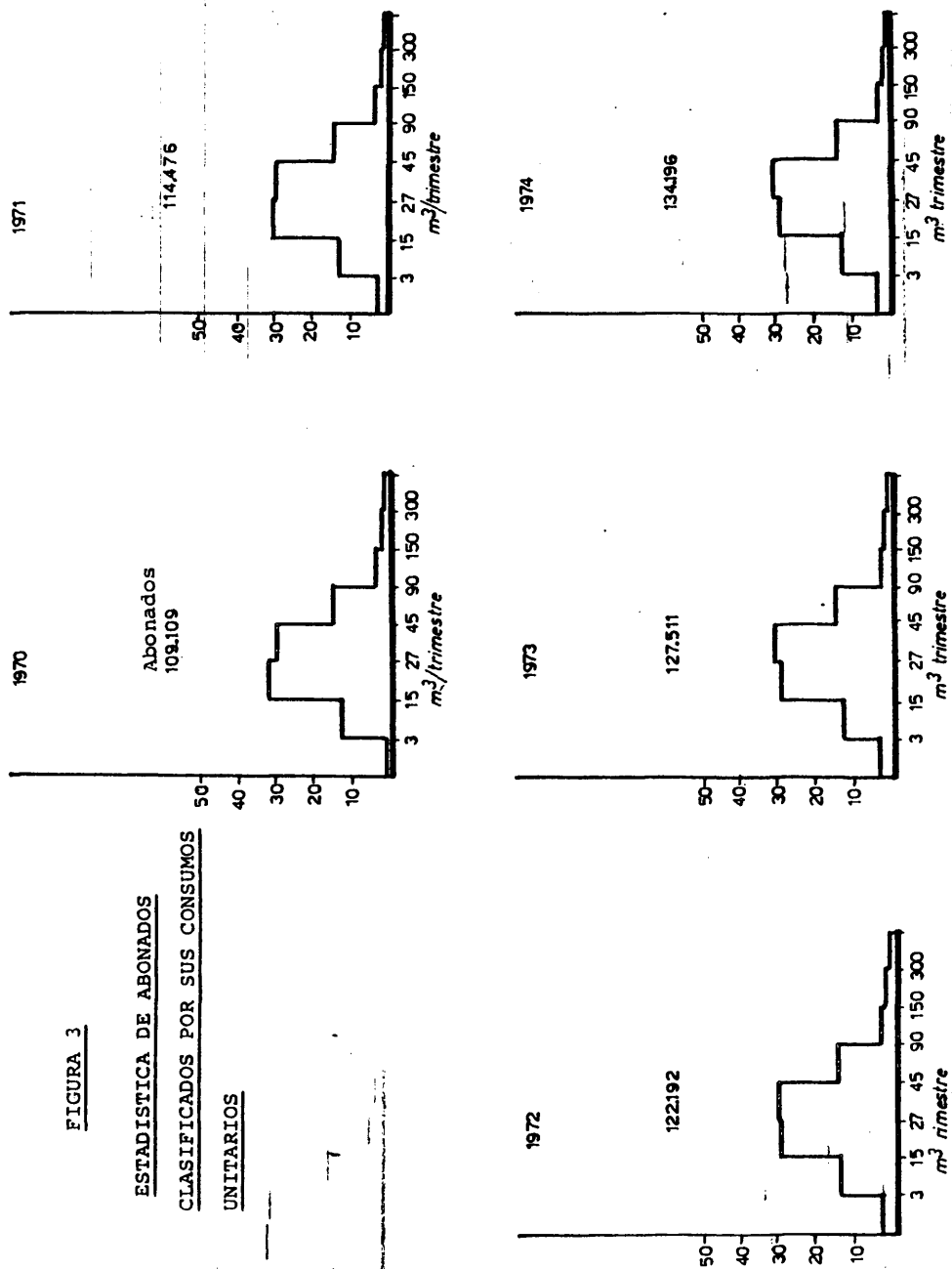
hacia valores más elevados en los años 70 a 74 con consumos expresados en  $\text{m}^3/\text{trimestre}$ . Aunque se puede apreciar también como el número de abonados aumenta desde 109.109 a 134.196, es decir, un incremento total en el período de 1970 a 1974 de un 25%.

También utilizando los gráficos de Viguera González figura 4, (13) para 1971 y 1972 se puede ver como la curva de consumo tiene un ligero movimiento hacia valores de mayor consumo, apreciables especialmente en el bloque de  $81 \text{ m}^3/\text{vivienda}/\text{trimestre}$  y en valores superiores a  $162 \text{ m}^3/\text{vivienda}/\text{trimestre}$ .

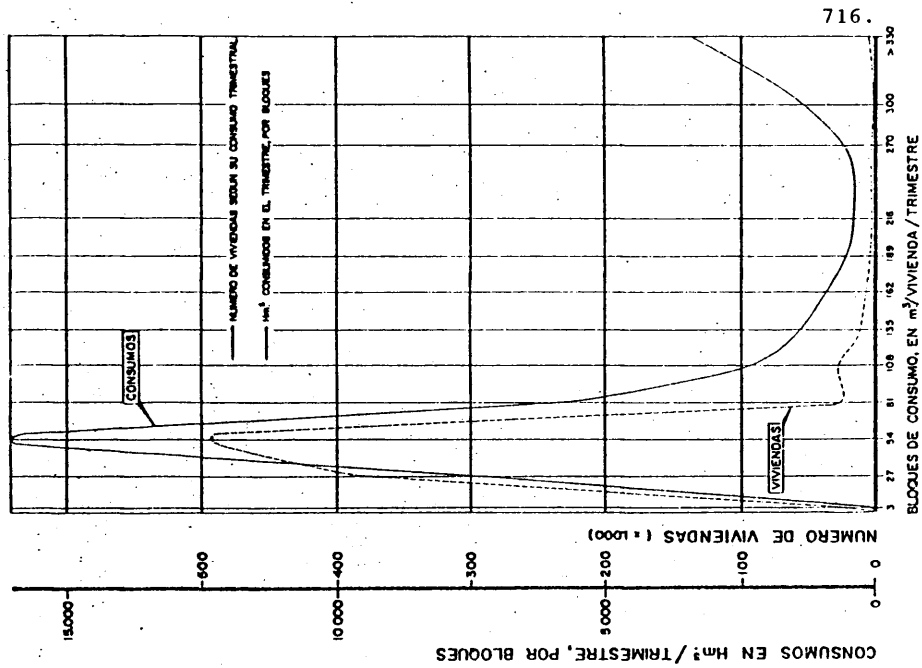
Estas formas indirectas son simplemente apreciaciones ante un hecho objetivo como es el trasvase de niveles de consumo de valores menores a otros mayores y que encuentran una visión real en el estudio de la evolución de la dotación específica.

FIGURA 3

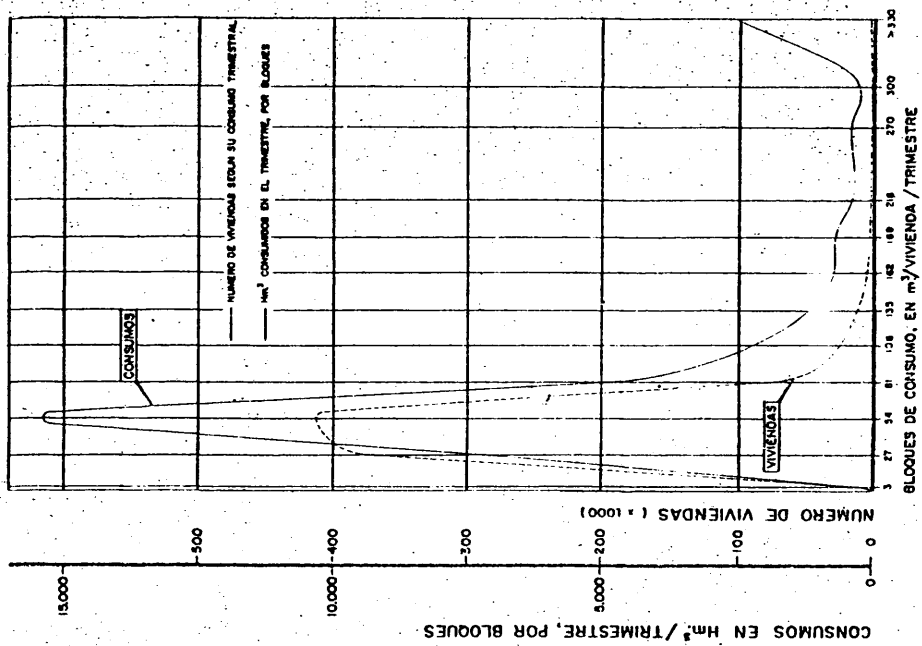
ESTADISTICA DE ABONADOS  
CLASIFICADOS POR SUS CONSUMOS  
UNITARIOS



CANAL DE ISABEL II  
HISTOGRAMAS DE CONSUMOS, AÑO 1972



CANAL DE ISABEL II  
HISTOGRAMAS DE CONSUMOS, AÑO 1971



716.

Aunque estos datos se exponen en el punto 2.8 es conveniente analizar detenidamente la evolución de la dotación según los litros/hab. y día que se han consumido en Madrid. (Cuadro 2 y figura 5). Con ellos he calculado mediante la recta de regresión:

$$y = -4.080 + 2,22x; \quad r^2 = 0,84$$

en el que "x" es la dotación e "y" los años desde 1855 a 1977, la dotación ajustada a dichos años, de igual modo he calculado los valores residuales absolutos y estandarizados para tratar de ver de forma objetiva la evolución de la dotación real comparada con la ajustada, es decir una dotación teórica cualquiera dada por la recta de regresión y así tratar de obtener algunas conclusiones de tipo histórico basadas especialmente en los valores de la dotación real y de los residuales tanto absolutos como estandarizados. He dividido el período en etapas de las que: la primera va desde la fundación hasta 1910; en ella se produce un aumento constante de la dotación que se ve acompañado de un progresivo descenso de los valores residuales negativos hasta 1898 que se produce la crisis de fin de siglo que dura hasta 1910. No obstante y a pesar de la crisis la dotación real sigue aumentando en valores absolutos hasta 171 litros/hab. y día en 1910, es decir se sitúa a niveles urbanos.

La segunda etapa de 1910 a 1944 es de estabilidad general en la dotación que se sitúa en torno a los 250 l/hab. y día, con dos etapas claras; hasta 1930 el aumento es general y constante desde 1930 la dotación se estanca, y aunque hay períodos de fuerte dotación, como en 1938 que se alcanzan los 307 litros/hab. y día, son hechos anecdóticos debidos a la Guerra Civil que hace descender la población madrileña y consecuentemente aumentar la dotación. Los residuales del período se mantienen positivos, es decir por encima de la curva teórica.

La tercera etapa va de 1944 a 1958. A partir de 1944 la crisis se agudiza y las dotaciones descienden, debido por un lado a las sequías y por otro al aumento de población, especialmente notable por la sequía de 1948-1949.

Cuadro 2. Aumento de la dotación con los años

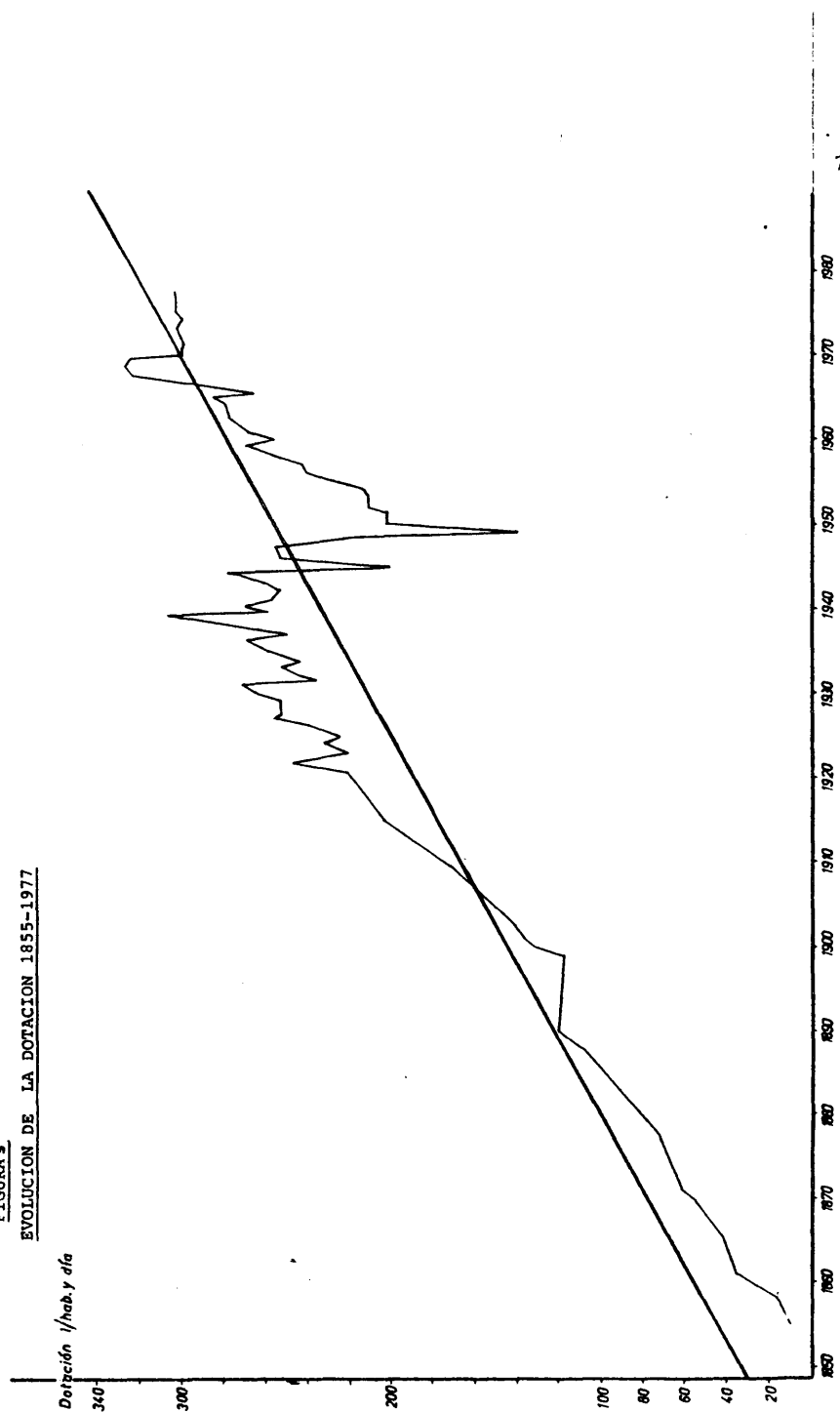
Años "x"	Dotación "y"	Dotación ajustada "y"	Residuales y-y'	Residuales Estandarizados
1855	10	44	-34	-0,42
1858	17	51	-34	-0,42
1860	29	55	-26	-0,32
1862	37	60	-23	-0,28
1866	42	69	-27	-0,33
1870	59	78	-19	-0,23
1871	61	80	-19	-0,23
1877	74	93	-19	-0,23
1887	109	115	-6	-0,07
1890	121	122	-1	-0,01
1898	117	139	-22	-0,27
1900	131	144	-13	-0,16
1901	136	146	-10	-0,12
1905	140	155	-15	-0,18
1910	171	166	5	0,06
1915	205	178	27	0,33
1920-21	222	191	31	0,38
1921-22	247	193	54	0,66
1922-23	220	195	25	0,30
1923-24	231	198	33	0,40
1924-25	225	200	25	0,30
1925-26	234	202	32	0,39
1926-27	246	204	42	0,52
1927-28	242	206	36	0,44
1928-29	242	209	33	0,40
1929-30	263	211	52	0,64
1930-31	270	213	57	0,70
1931-32	238	215	23	0,28
1932-33	251	218	33	0,40
1933-34	246	220	26	0,32
1934-35	258	222	36	0,44
1935-36	266	224	42	0,52
1936-37	249	226	23	0,28
1937-38	307	229	78	0,96
1938-39	257	231	26	0,32
1939-40	264	233	31	0,38
1940-41	257	235	22	0,27
1941-42	254	238	16	0,19
1942-43	258	240	18	0,22
1943-44	269	242	27	0,33
1944-45	202	244	-42	-0,52
1945-46	252	246	6	0,07
1946-47	254	249	5	0,06
1947-48	224	251	-27	-0,33
1948-49	137	253	-116	-1,43
1949-50	208	255	-47	-0,58
1951	201	258	-57	-0,70
1952	213	260	-47	-0,58
1953	213	262	-49	-0,60
1954	217	264	-47	-0,58
1955	225	267	-42	-0,52
1956	239	269	-30	-0,37
1957	242	271	-19	-0,23
1958	257	273	-16	-0,19
1959	268	275	-7	-0,08
1960	256	278	-22	-0,27
1961	280	280	-15	-0,18
1962	273	282	-9	-0,11
1963	277	284	-7	-0,08
1964	282	287	-5	-0,06
1965	264	289	-25	-0,30
1966	303	291	12	0,14
1967	323	293	30	0,37
1968	329	295	34	0,42
1969	321	298	23	0,28
1970	295	300	-5	-0,06
1971	295	302	-7	-0,08
1972	299	304	-5	-0,06
1973	309	307	2	0,02
1974	294	309	-15	-0,18
1975	309	311	-2	-0,02
1976	307	313	-6	-0,07
1977	297	315	-18	-0,22
1980		322		
1985		333		
1990		344		
1995		355		
2000		366		

x 220,89

s 80,66



FIGURA 5  
EVOLUCION DE LA DOTACION 1855-1977



Hasta el año 1954 las dotaciones se mantuvieron en torno a los 600 litros/hab. y día para crecer con posterioridad hasta 1960 y alcanzar la cifra media de los 650 litros/hab. y día. En este último período se vuelve a apreciar un descenso de los residuales con aparición de valores negativos que tienden a acercarse a cero y pasan de -0,52 en 1955 a -0,19 en 1958.

La cuarta etapa de 1958 a 1969 es la de los años del Desarrollo en la que se aprecia un aumento constante de la dotación que llega hasta 329 litros/hab. y día en 1968, con residuales bajos y cercanos a cero. Por último, de 1969 a nuestros días existe un estancamiento de la dotación.

He añadido unos valores posibles para el futuro que son excesivamente bajos y por tanto poco factibles porque creo que la recta de regresión no es el sistema óptimo para hacer prospecciones.

La evolución histórica de la dotación se puede apreciar en los datos de Viguera (13), Cuadro (3), en el que se constata una evolución similar, aunque es posible que los datos estén mejor calculados, pero lo que no me parece real son las previsiones que realiza y sobre todo la tasa de crecimiento de la dotación hasta el año 2.000 que es excesivamente fuerte, 6,25% acumulativo, además la actualidad nos está demostrando que la dotación no crece, con lo que en el futuro las dotaciones no serán tan elevadas como nos las presentan el cuadro citado.

Cuadro 3. Aumento de la dotación con los años.\*

Años Dotación		Años Dotación		Años Dotación	
l/Hab. y día		l/Hab. y día		l/Hab. y día	
1900...	129	1953...	245	1990...	500
1905...	141	1954...	261	1991...	513
1910...	171	1955...	264	1992...	527
1915...	209	1956...	271	1993...	541
1920...	215	1957...	251	1994...	555
1921...	236	1958...	265	1995...	570
1922...	211	1959...	277	1996...	585
1923...	220	1960...	267	1997...	601
1924...	231	1961...	268	1998...	627
1925...	223	1962...	284	1999...	633
1926...	234	1963...	266	2000...	650
1927...	246	1974...	305		
1928...	242	1965...	273		
1929...	242	1966...	313		
1930...	263	1967...	347		
1931...	270	1968...	347		
1932...	238	1969...	343		
1933...	251	1970...	310		
1934...	246	1971...	301		
1935...	258	1972...	306		
1936...	266	1973...	320		
1937...	249	1974...	329		
1938...	307	1975...	337		
1939...	249	1976...	346		
1940...	261	1977...	356		
1941...	255	1978...	365		
1942...	258	1979...	375		
1943...	253	1980...	385		
1944...	267	1981...	395		
1945...	234	1982...	405		
1946...	252	1983...	416		
1947...	254	1984...	427		
1948...	224	1985...	439		
1949...	147	1986...	450		
1950...	208	1987...	462		
1951...	236	1988...	474		
1952...	250	1989...	487		

Fuente. Vigueras y González, J.A. : Algunos conceptos a tener en cuenta en los proyectos de instalación. En explotación y en abastecimientos de aguas. Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1974. Pág. 577.

\* Desde el año 1974 realiza una prospección con tasa de crecimiento anual del 6,25% .

Notas. 4.2.3

(1) Texto resumido de: Giménez Hernández y Otros: Explotación de abastecimientos de aguas. Colegio Oficial de Ingenieros de CAminos, Canales y Puertos. Madrid, 1974.

Martín-Retortillo, S. La ley de Aguas de 1866. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid 1963.

Tercer Simposio del agua en la Industria. Novena Ponencia: Industria Turística. Madrid, Diciembre 1976.

(2) Ministerio de Planificación del Desarrollo: Estudio sobre equipamiento en estructuras y servicios urbanos. Tomo III. EDES- EPTISA. Madrid, 1975.

(3) Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento. Dirección General de Obras HIDráulicas. MINISTERIO de Obras Públicas. Madrid 1966.

(4) Servicio de Estudios del Banco Urquijo: El Agua recurso natural escaso: Planteamiento comarcal del problema en Cataluña. Ed. Moneda y crédito. Madrid, 1965. Págs. 208 y 211.

(5) Centro de Estudios Hidrográficos: Propuesta de una nueva instrucción para el estudio y redacción de proyectos de abastecimiento de agua a poblaciones. Ministerio de Obras Públicas. Madrid, 1965.

(6) Ministerio de Planificación del Desarrollo: III Plan de Desarrollo. Madrid, 1972.

(7) Ministerio de Planificación del Desarrollo: Estudio sobre equipamiento en estructura y servicios urbanos. Op. cit.

(8) Ferrero, J.M.: Depuración biológica de las aguas. Ed. Alhambra. Madrid, 1974. Pág. 10

(9) Sanz García, J.M.: Comunicación verbal.

(10) Vigueras González, J.A.: Algunos conceptos a tener en cuenta en los proyectos de las instalaciones. En Explotación y Abastecimiento de aguas. Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1974. Pág. 600

(11) García Augustín, J. y Otros: Técnica y Obras de Ingeniería Sanitaria. Editores Técnicos Asociados. Madrid 1973. Págs. 121 y ss..

(12) Ayuntamiento de Madrid: Resúmenes estadísticos años 1965 a 1975. Sección de Estadística. Madrid.

(13) Vigueras González, J. A.: Algunos conceptos ...Op. cit. págs. 601 y 602.

#### 4.2.4. Consumo domiciliario y público por barrios en Madrid.

En este epígrafe están agrupados los consumos domiciliarios es decir, <sup>los que se comprenden en</sup> las tarifas siguientes; domiciliario doméstico, domiciliario no doméstico en el que se incluyen garajes, piscinas, calefacción, etc. Las tarifas de iglesias y conventos, tarifa benéfica, etc., y el consumo del sector público; Ayuntamiento, comisaría, ministerios, hospitales, etc., los valores de este último sector son poco importantes en el conjunto de la ciudad y sólo tienen cierto peso específico en algunos barrios centrales, por lo que no alteran la visión de conjunto que sobre el consumo domiciliario se puede apreciar a nivel del término municipal.

Por otro lado esta apreciación, no nos va a dar una visión totalmente real del consumo ya que cuenta con varios errores; primero de trasvase de datos, y en segundo lugar el debido al hecho de que son valores facturados de consumo.

En cierta medida la heterogeneidad de los datos es casi la principal característica por lo que resulta difícil sacar conclusiones de tipo espacial, ya que de forma principal, las cifras de superficie que ocupan los barrios y su número de pobladores son variables y de gran disimilitud. Con todo, he realizado una clasificación cualitativa por las cantidades de agua consumida que se encuentran expresadas en el cuadro 1 y en los mapas 1 y 2. En el cuadro están expresados los consumos domiciliario y público agrupados y los barrios de Madrid con número pequeño, así como los distritos que vienen en los mapas con un número de mayor tamaño. También aparece en el cuadro la dotación domiciliaria y pública y el consumo domiciliario en forma de valores porcentuales sobre el total consumido y facturado.

Cuadro 1. Consumo y dotación domiciliaria y pública agrupadas.

rio, distrito	N°	Consumo domiciliario Plano y público m <sup>3</sup> /año	Dotación domiciliaria y pública l/hab- día domiciliario	% consumo sobre el tot
acio	11	2.172.107,0	184,8	67
ajadores	12	2.972.266,9	130,4	78
tes	13	1.512.909,6	259,2	57
ticia	14	2.051.805,6	224,9	70
versidad	15	2.357.725,2	138,9	67
	16	1.254.612,5	313,7	39
trito Centro	1	12.321.426,8	174,8	63,38
erial	21	1.037.821,7	139	29
cias	22	1.297.139,8	168	48
pera	23	1.516.781	163	37
azpi	24	446.175	554,8	24
icias	25	981.724,5	133,4	39
uer	26	1.717.219,8	161,2	52
trito Retiro	2	6.996.861,8	161,6	38,13
ífico	31	2.964.529	230,8	80
lfas	32	1.075.891,5	315,5	62
rella	33	970.469,5	131,7	65
za	34	2.218.723,1	201,7	90
ónimos	35	1.284.874	369,6	77
o Jesús	36	1.311.639,2	241	91
trito Retiro	3	9.826.126,3	225,7	78,18
oletos	41	2.537.031	330,3	65
a	42	3.328.510,3	219,5	76
nte del Berro	43	1.476.291,5	162,6	83
ndalera	44	3.398.308,2	184,5	79
ta	45	2.154.769	226	80
tellana	46	2.610.775,2	289	70
trito Salamanca	4	15.505.685,2	225	74,01
Viso	51	3.237.068,8	453,2	75
esperidad	52	2.203.861,6	168,7	83
dad Jardín	53	1.188.424,1	163,6	77
panoamérica	54	3.513.097,4	274,5	74
va España	55	3.329.090,7	358,3	70
stilla	56	2.543.363,2	437,3	72
trito Chamartín	5	16.014.905,8	289,2	73,72
las Vistas	61	1.942.487,2	184,9	88
tro Caminos	62	3.116.440,2	190	68
stillejos	63	3.393.674,7	419,7	71
enara	64	1.244.597,1	137	74
deacedera	65	430.964,9	46,2	86
rugete	66	847.470,5	88,4	86
trito Tetuan	6	10.975.634,6	173,2	73,95

Barrio, distrito N° Consumo domiciliario Dotación domiciliaria % Consumo  
Plano y público m<sup>3</sup>/año y pública l/Hab. día domiciliario  
sobre total

Gaztambide	71	2.760.841,3	245,5	88
Arapiles	72	2.191.830,6	153	74
Trafalgar	73	1.921.700,5	157,7	80
Almagro	74	2.600.291	283,3	75
Ríos Rosas	75	2.743.285	212	78
Vallehermoso	76	2.961.016,9	255	80
Distrito Chamberí	7	15.178.965,3	212,3	78,52
El Pardo	81	793.484	300,6	90
Fuentealarreina	82	420.560	367,6	80
Peña Grande	83	2.067.050,5	148,2	83
Pilar	84	3.155.056,5	138,2	86
Valverde	85	2.394.000,5	192	68
El Goloso	86	793.149,5	292,5	62
Mirasierra	87	1.182.105	361,3	76
Distrito Fuencarral	8	10.805.406	183,1	77,13
Casa de Campo	91	2.126.729	328,1	90
Arguelles	92	2.782.289,5	230,2	65
Ciudad Universit.	93	7.539.205,4	1.214,4	90
Valdezarza	94	1.740.799,2	143	92
Valdemarín	95	225.367	1.442,6	86
El Plantío	96	316.902,5	548,4	84
Aravaca	97	1.031.567,5	417,1	72
Distrito Moncloa	9	15.762.860,1	392,7	82,64
Cármenes	101	615.789,4	84,7	92
Puerta del Angel	102	2.538.859,1	119,2	88
Lucero	103	1.618.067,2	103,3	90
Aluche	104	3.810.951,1	116	87
Campamento	105	1.013.931	139,8	74
Cuatro Vientos	106	162.121,5	168	65
Aguilas	107	3.154.781,1	136	84
Distrito Latina	10	12.914.500,4	119,2	87,45
Comillas	111	1.413.943	118	73
Opánel	112	1.407.493,4	100,6	81
San Isidro	113	1.817.996,1	117	80
Vista Alegre	114	2.761.399,3	146	86
Puerta Bonita	115	2.401.254,2	163,5	93
Buena Vista	116	1.506.451,2	160,4	88
Abrantes	117	1.186.963,2	94,8	86
Distr. Carabanchel	11	12.395.500,4	129,2	84,28
Moscardó	121	1.325.105,7	109,3	74
Pradolongo	122	1.185.797,5	222,6	94
Orcasitas	123	591.688,1	85,4	41
San Andrés	124	2.230.764,5	133,2	37
Los Angeles	125	2.960.856,3	166,5	60
Carolinas	126	266.640,6	666,5	26
Almendrales	127	1.036.395,7	124,1	70
Usera	128	645.079,2	110,6	89
Distr. Villaverde	12	10.242.327,6	139,4	54,97



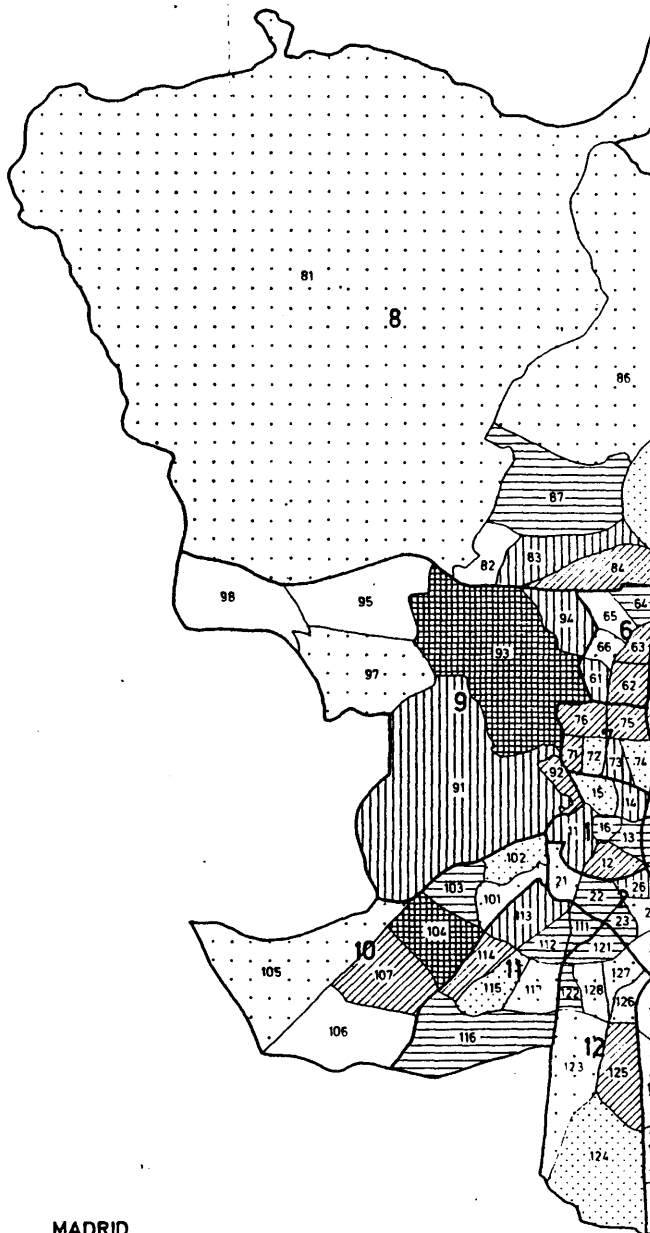
727.

rio, distrito N° Consumo domiciliario Dotación domiciliaria % Consumo  
Plano y público m<sup>3</sup>/año y pública l/Hab. día domiciliario  
sobre total

ta Catalina	131	1.785.713,2	99,3	84
Fermin	132	930.505,8	153,9	58
Rosales	133	871.508,3	88,2	55
Cristobal	134	937.410,2	112,4	74
arque	135	286.533,6	146,3	27
la Vallecas	136	2.228.020	136	79
trito Mediodfa	13	7.039.691,1	116	66,97
Diego	141	1.567.222,1	100,7	87
azo	142	1.249.622,7	113,9	89
tazgo	143	607.642,3	77,3	73
ancia	144	1.335.964,3	102	88
var	145	791.296	94,2	87
omeras	146	1.530.232,7	93,9	92
trito Vallecas	14	7.081.980,1	98,1	87,12
ones	151	838.506,3	132,7	84
álvaro	152	1.485.031	95,3	54
cajo	153	211	9,2	2
ateros	154	1.182.393,8	91,6	93
roquina	155	1.225.918,1	133,5	79
ia Legua	156	1.158.879,1	210,3	91
tarrón	157	1.105.957,3	217,1	91
trito Moratalaz	15	6.996.896,6	128,1	78,21
tas	161	3.231.498,5	139,5	92
blo Nuevo	162	2.683.306,4	106,8	98
ntana	163	1.583.846,3	135,6	87
cepción	164	1.660.649,2	162,7	88
Pascual	165	1.121.473,3	187,6	60
Juan Bautista	166	728.665,2	275,6	63
ina	167	688.299,8	304,6	80
laya	168	202.092,2	541,2	83
tillares	169	840.492,4	188,2	81
trito C. Lineal	16	12.740.323,2	148,3	82,57
ancas	171	1.030.219	88,8	31
lín	172	633.408,9	97,5	90
osta	173	767.746,4	104	89
os	174	1.289.079,1	184,5	96
as	175	353.746,3	135,8	20
illejas	176	1.387.170,2	110,8	53
vador	177	263.063,1	93,3	34
trito San Blas	17	5.724.433	113,8	48,93
vera	181	507.539,7	513,7	61
omas	182	242.505	388,3	26
ajas	183	1.735.063,3	206,3	32
defuentes	184	288.525	61,7	55
stol Santiago	185	724.075,8	126,5	84
ar del Rey	186	2.689.949,6	153,7	87
illas	187	1.980.146,6	144,4	80
trito Hortaleza	18	8.167.805	158,2	59,36
al Madrid		196.691.329,4		
		1.639.094,4	215,6	
		1.077.930,91	187,83	








72762

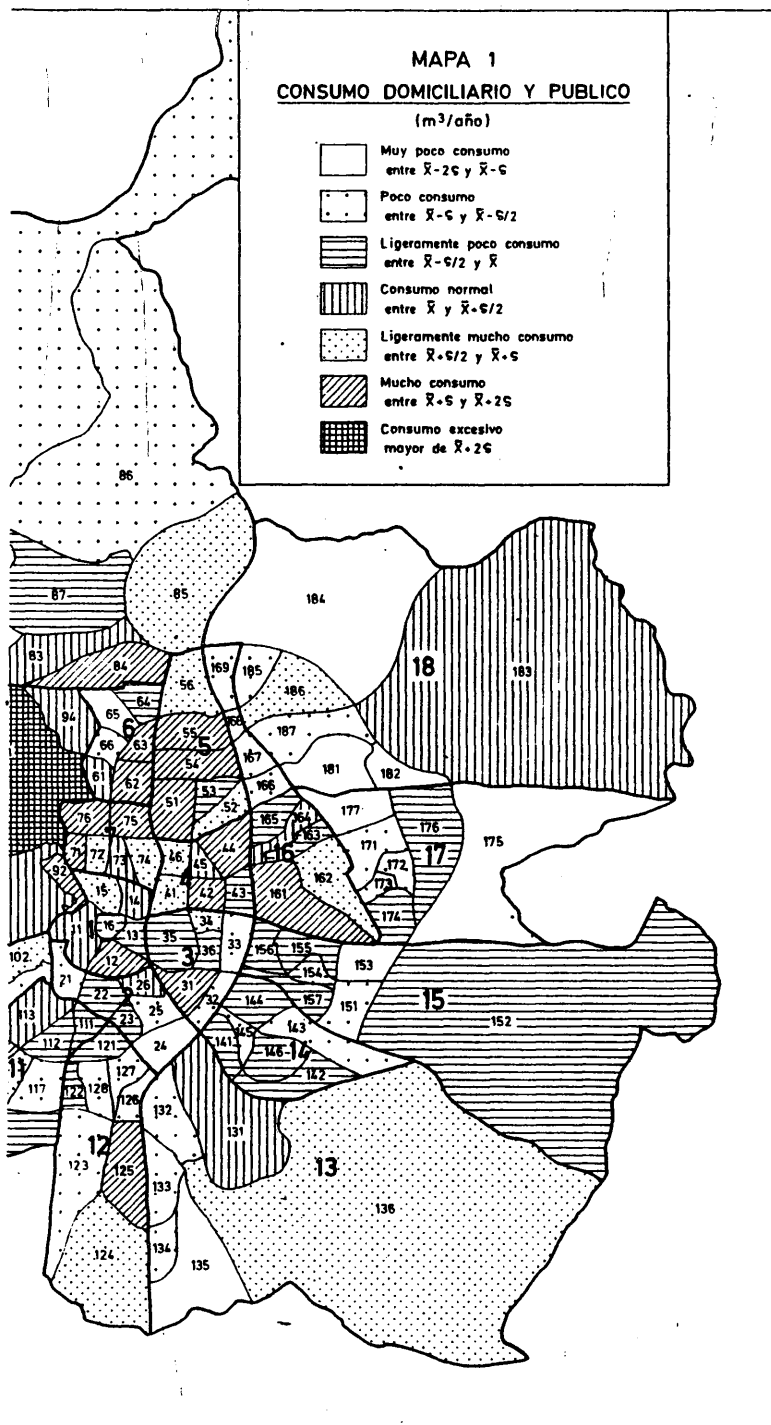
121'



MADRID  
Escala = 1:100.000

MAPA 1  
CONSUMO DOMICILIARIO Y PUBLICO  
(m<sup>3</sup>/año)

-  Muy poco consumo  
entre  $\bar{X}-2S$  y  $\bar{X}-S$
-  Poco consumo  
entre  $\bar{X}-S$  y  $\bar{X}-S/2$
-  Ligeramente poco consumo  
entre  $\bar{X}-S/2$  y  $\bar{X}$
-  Consumo normal  
entre  $\bar{X}$  y  $\bar{X}+S/2$
-  Ligeramente mucho consumo  
entre  $\bar{X}+S/2$  y  $\bar{X}+S$
-  Mucho consumo  
entre  $\bar{X}+S$  y  $\bar{X}+2S$
-  Consumo excesivo  
mayor de  $\bar{X}+2S$



7272

Además los resultados numéricos del cuadro, por lo que respecta al consumo, los he trasladado al mapa 1 mediante una clasificación realizada en base a la  $\bar{x}$  y a la  $s$  como refleja el cuadro 2.

Barrios	Leyenda	m <sup>3</sup> / año
Muy poco consumo	entre $\bar{x}-2s$ y $\bar{x}-s$	más de 561.163
Poco consumo	entre $\bar{x}-s$ y $\bar{x}-s/2$	entre 561.163 y 1.100.128
Ligeramente poco consumo	entre $\bar{x}-s/2$ y $\bar{x}$	entre 1.100.128 y 1.639.094
Consumo normal	entre $\bar{x}$ y $\bar{x}+s/2$	entre 1.639.094 y 2.178.059,86
Ligeramente mucho consumo	entre $\bar{x}+s/2$ y $\bar{x}+s$	entre 2.178.059 y 2.717.025
Mucho consumo	entre $\bar{x}+s$ y $\bar{x}+2s$	entre 2.717.025 y 3.794.956
Consumo excesivo	mayor que $\bar{x}+2s$	mayor de 3.794.956

Los resultados son los siguientes:

1. Zonas más consumidoras

1.1. Barrios de alta categoría social, comprende el eje del paseo de la Castellana y los barrios que lo circundan, es la zona que debe reflejar mayor cantidad de consumo público ya que es donde están ubicados la mayor parte de los ministerios y oficinas estatales, también existe una población residente de elevada categoría social y por lo tanto de mayor consumo. Otra zona es Argüelles-Chamberí-Ciudad Universitaria, este último es un barrio de las zonas exteriores de la ciudad y aparece como uno de los de mayor consumo domiciliario debido a la gran cantidad de servicios públicos que alberga y a que posee una población flotante bastante considerable. Los otros son barrios de intensa ocupación y de clases medias y medias altas.

1.2. Barrios populosos: Se trata en general de barrios de zonas obreras de gran superficie y una considerable población. Son los barrios de densidades más altas dentro de la ciudad.

Son las zonas de Ventas-Pueblo Nuevo

Aluche-Aguilas-Vista Alegre (Carabanchel)  
 Los Angeles-San Andrés (Villaverde.)  
 Embajadores-Pacífico  
 El Pilar  
 Villa de Vallecas.

## 2. Zonas menos consumidoras.

2.1. Zonas comerciales y de servicio: Barrios Centro y Cortes, son áreas de poca población, y una gran parte del barrio está ocupada por centros comerciales y oficinas tanto públicas como privadas.

2.2. Zonas residenciales de clases medias y bajas: Son barrios que aun teniendo una población importante no son muy consumidoras, no por que las densidades no sean considerables sino porque los consumos per cápita son en general menores. Lo forman los distritos de Móstalaz, Vallecas, San Blas y distrito de Mediodía salvo Vallecas Villa.

2.3. Zonas industriales: Agrupa barrios que por sus características industriales no tienen una población excesiva y son:

Vicálvaro 152

Moscardó, Pradolongo, Orcasitas, Carolinas, Almen-  
 drales y Usera en el distrito de Villaverde 12.

Legazpi, Imperial, Delicias en el distrito de Ar-  
 ganzuela 2.

2.4. Zonas residenciales de clases altas: Son barrios pocos consumidores en función de que están ocupados por poca población y algunos tienen una gran extensión superficial; están situados en el eje de la carretera de La Coruña y en los barrios que la circundan, como se puede apreciar en el mapa. También estarían ubicados en el distrito de Hortaleza salvo Pinar del Rey y Barajas, y en el distrito de Fuencarral salvo en el antiguo pueblo y en los barrios de El Pilar y Peñagrande.

2.5. Zonas de poca población y heterogéneas por su categoría social: Son los barrios de El Pardo 81, Valdemarín 95, El Plantío 96, Cuatro Vientos 106, Butarque 135, Horcajo 153, Rejas

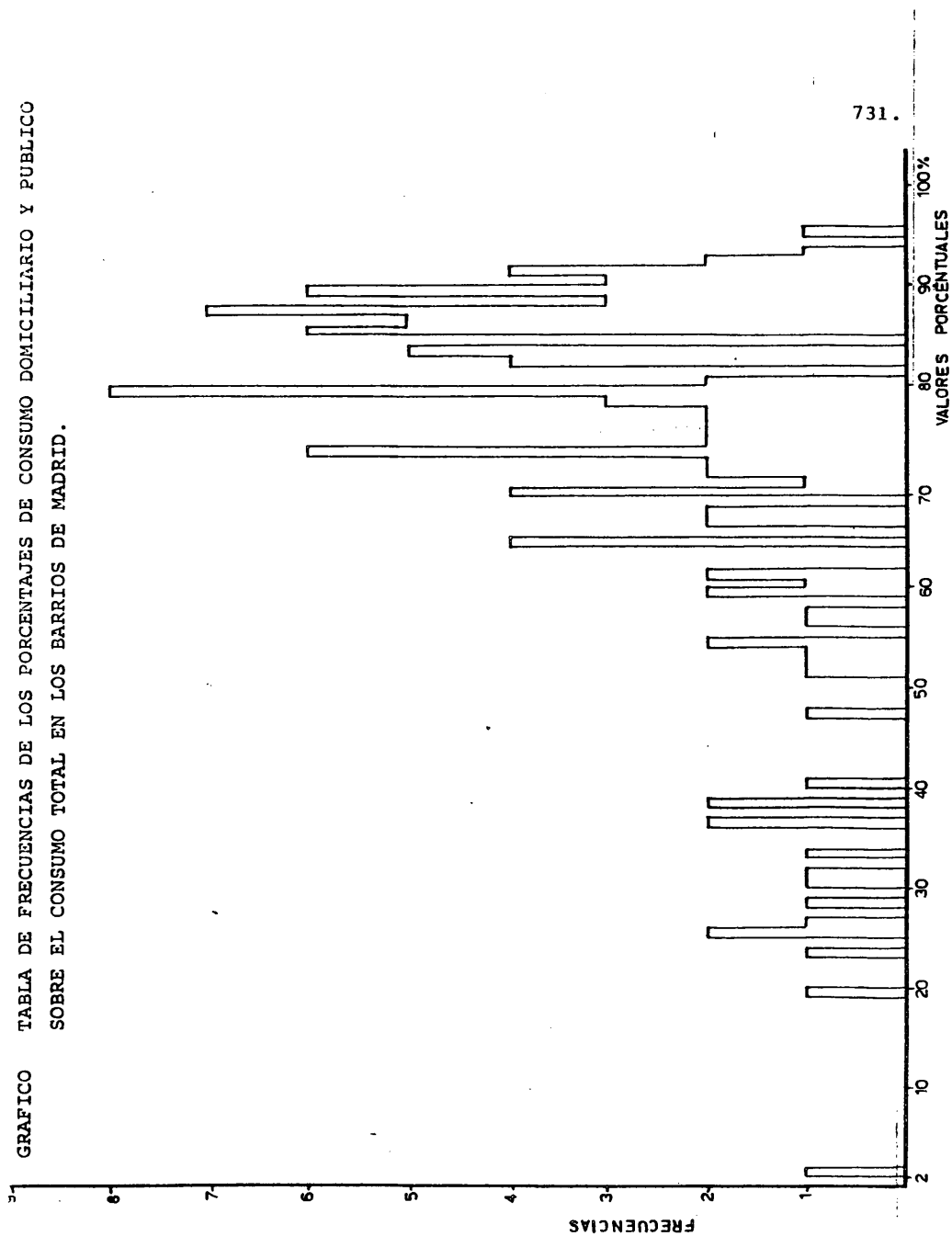
175, y Salvador 176. La explicación fundamental del bajo consumo es la escasa población existente en los barrios además se trata de barrios alejados del centro, algunos en los límites de la ciudad.

3. Zonas de consumo medio: Son excesivamente heterogéneas para tratar de sacar alguna correlación de tipo espacial; por ejemplo en este grupo aparece la Casa de Campo con un consumo medio cuando no tiene población, aunque aparezca un considerable sector público y recreativo; piscinas, zoológico, Feria del Campo, Parque de Atracciones, etc. También puede haber un error en el trasvase de datos y haberse incluido parte del consumo de Somosaguas que es una zona de baja densidad y alta categoría social. Dentro de esta heterogeneidad, baste señalar que en este epígrafe se encuentran el barrio de Barajas 183, que es el de mayor consumo total como hemos visto y los de Lista 45, Santa Catalina 131, o Moguer 26, es decir que no tienen un rasgo común y son además de zonas geográficas distintas; unos en el eje Norte como Peñagrande 83, otros son de la zona centro como Justicia 14, o del este como Concepción 164. No existe tampoco una clara distinción de las clases sociales que los habitan.

Se podrían definir como barrios eminentemente residenciales, con independencia de la clase social aquellos cuyo porcentaje de consumo domiciliario y público sea superior al 60%, mientras que podrían ser industriales, comerciales o de servicio el resto, es decir que su valor porcentual de consumo domiciliario y público sea inferior al 60%, a este epígrafe pertenecen el 19% de los barrios de Madrid, mientras que al grupo anterior propiamente residencial lo son el 81% del total.

Las frecuencias de los porcentajes de consumo domiciliario y público sobre el consumo total se puede apreciar en el cuadro y gráfico adjuntos.

GRAFICO TABLA DE FRECUENCIAS DE LOS PORCENTAJES DE CONSUMO DOMICILIARIO Y PUBLICO  
 SOBRE EL CONSUMO TOTAL EN LOS BARRIOS DE MADRID.



731.

		%	Frecuencias
NO RESIDENCIALES	0 - 9		1
	10 - 19		0
	20 - 29		6
	30 - 39		7
	40 - 49		2
	50 - 59		7
RESIDENCIALES	60 - 69		14
	70 - 79		26
	80 - 89		40
	90 - 99		17
			120 Barrios

He establecido los barrios no residenciales en un epígrafe por el valor porcentual de consumo domiciliario y público sobre el consumo total para ver la relación existente entre el consumo domiciliario en miles de metros cúbicos y el industrial, cuadro 3, pero al tratar de establecer algún tipo de correlación lineal entre los datos de las tres columnas, los coeficientes resultaron excesivamente bajos, por lo que deseché la idea de establecer alguna relación entre barrios industriales y barrios no residenciales.

Sin embargo, como idea general he podido establecer que existe un cierto paralelismo entre consumo domiciliario y consumo industrial de forma que algunos barrios industriales tienen un consumo domiciliario relativamente bajo, si hacemos abstracción del número de habitantes y de su extensión superficial; es especialmente notable este hecho en algunos barrios como Imperial 21, Chopera 23, Legazpi 24, San Andrés 124, Barajas 183, Rejas 175, todos ellos muy industriales, también algunos barrios comerciales como Sol 16.



Cuadro 3. Barrios no residenciales por los valores(%)de consumo de agua domiciliaria y pública sobre el consumo total.

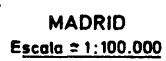
Barrio	Nº Plano	Consumo domiciliaria y público miles m <sup>3</sup> /año	Consumo industrial m <sup>3</sup> /año miles	% Consumo domiciliaria sobre total
Cortes	13	1.512	1.124	57
Sol	16	1.254	1.990	39
Imperial	21	1.037	2.618	29
Acacias	22	1.297	1.441	48
Chopera	23	1.516	2.634	37
Legazpi	24	446	1.465	24
Delicias	25	981	1.581	39
Moguer	26	1.717	1.612	52
S. Andrés	124	2.230	3.751	37
Orcasitas	123	591	841	41
S. Fermín	132	930	687	58
Carolinas	126	266	740	26
Rosales	133	871	720	55
Butarque	135	286	758	27
Vicálvaro	152	1.485	1.261	54
Horcajo	153	211	8.843	2
Simancas	171	1.030	2.340	31
Rejas	175	353	1.392	20
Canilleja	176	1.387	1.211	53
Salvador	177	263	816	34
Palomas	182	242	697	26
Barajas	183	1.735	3.679	32
Valdefuen.	184	288	234	35

La dotación domiciliaria y pública por barrios en Madrid es en conjunto bastante regular, ya que únicamente están por debajo de los 100 litros/ habitante y día los barrios de Valdeacederas 65 y Berruguete 66 que son abastecidos por la Hidráulica Santillana, Cármenes 101, Abrantes 117, Orcasitas 123, Vicálvaro 152, Horcajo 153, Santa Catalina 131, Los Rosales 133, Portazgo 143, Olivar 145, y Palomeras 146, zonas con áreas de chabolismo endémico, Vinateros 154, Simancas 171, Hellín 172, Salvador 177 y Valdefuentes 184. Es decir, barrios que tienen chabolas o bien son áreas marginales de construcción reciente, o bien puede haber algún error en el trasvase de datos. En conjunto la mayoría se acerca bastante a los 100 litros/ habitante y día como se puede apreciar en el cuadro de consumos y dotaciones por barrio.

Que duda cabe, que existen barrios de una dotación enorme; el máximo de dotación actual está establecido en 900 litros por habitante y día, aunque en algunas zonas de ciudades de los Estados Unidos este máximo esté superado, es indudable que este hecho, es decir zonas muy concretas con una gran dotación sucede también en Madrid; por ejemplo, en la ciudad Universitaria la dotación es de 1.214,4 litros por habitante y día, esta cifra es irreal por cuanto en los censos no están incluidos los habitantes temporales de los Colegios Mayores que se empadronan en sus lugares de origen durante las vacaciones de Navidad, por tanto esta cifra deberá ser rebajada en la realidad; al igual sucede con Valdemarín (Ciudad Puerta de Hierro y alrededores) donde la dotación es de 1.442 litros habitante y día cifra ciertamente elevada, aunque la categoría social de la zona sea altísima y en definitiva nos recuerde las dotaciones de las zonas residenciales de la ciudad de Los Angeles.








En el mapa de dotación aparece un caso extraño que es el barrio de Carolinas 126, con 666,5 litros por habitante y día, este es claramente un error, porque es la zona de salida de la carretera de Andalucía y el nivel social del barrio no permite

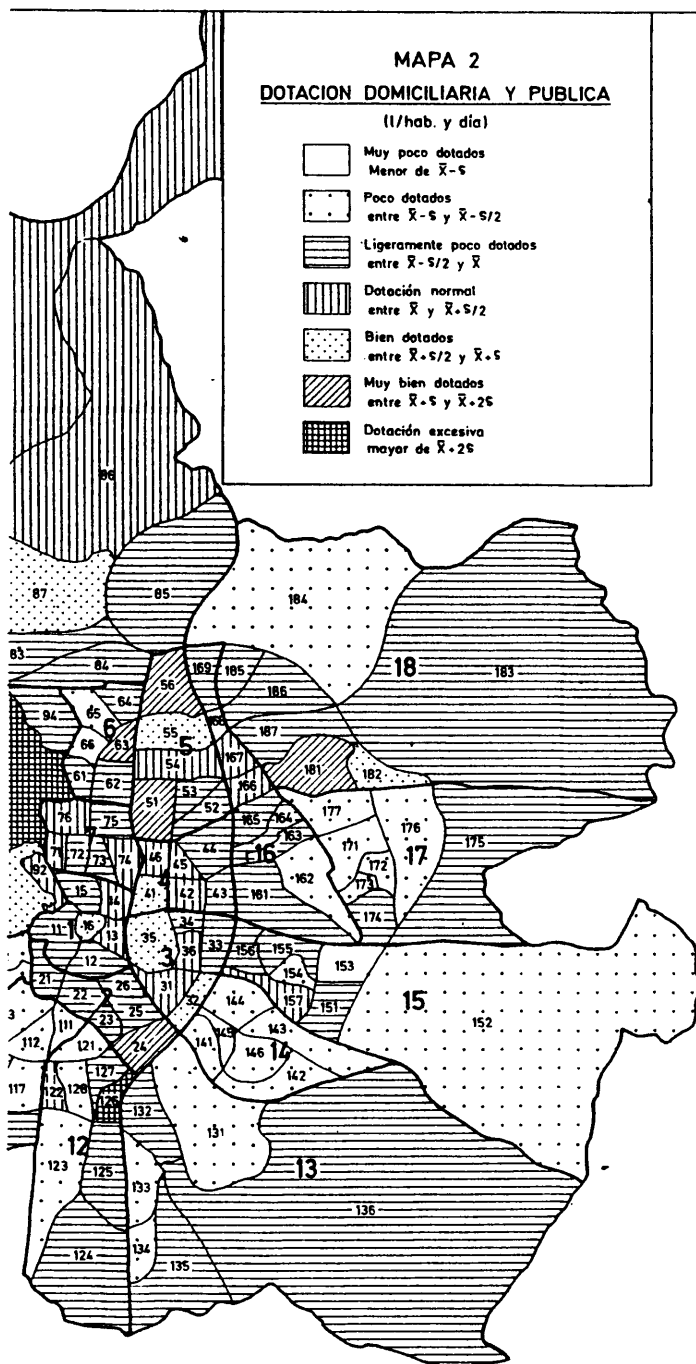
734'



734<sup>2</sup>

**MAPA 2**  
**DOTACION DOMICILIARIA Y PUBLICA**  
(l/hab. y día)

-  Muy poco dotados  
Menor de  $\bar{X}-S$
-  Poco dotados  
entre  $\bar{X}-S$  y  $\bar{X}-S/2$
-  Ligeramente poco dotados  
entre  $\bar{X}-S/2$  y  $\bar{X}$
-  Dotación normal  
entre  $\bar{X}$  y  $\bar{X}+S/2$
-  Bien dotados  
entre  $\bar{X}+S/2$  y  $\bar{X}+S$
-  Muy bien dotados  
entre  $\bar{X}+S$  y  $\bar{X}+2S$
-  Dotación excesiva  
mayor de  $\bar{X}+2S$



una dotación tan elevada. Es un hecho evidente en Madrid, a simple vista, que se consume mas agua por habitante en los barrios de más categoría social que en los barrios del extrarradio o de menor categoría social. Esto se refleja en la misma sectorialización o renta personal que hace COPLACO, ya que el agua y su consumo es un reflejo fiel de las condiciones sociales de los habitantes de cada barrio.

Al tratar de establecer una clasificación de los barrios por la dotación específica he agrupado los valores en función de la media y de la desviación típica, tal como se puede apreciar en el cuadro.

#### DOTACION DOMICILIARIA Y PUBLICA

Barrios	Leyenda	litros/hab.y día
Muy poco dotados	$< \bar{x} - s$	27,77
Poco dotados	entre $\bar{x} - s$ y $\bar{x} - s/2$	27,77 - 121,69
Ligeramente poco dotados	entre $\bar{x} - s/2$ y $\bar{x}$	121,69 - 215,6
Dotación normal	entre $\bar{x}$ y $\bar{x} + s/2$	215,6 - 209,52
Bien dotados	entre $\bar{x} + s/2$ y $\bar{x} + s$	309,52 - 403,43
Muy bien dotados	entre $\bar{x} + s$ y $\bar{x} + 2s$	403,43 - 591,2
Dotación excesiva	$> \bar{x} + 2s$	591,2

La clasificación de dotación domiciliaria y pública del cuadro no es del todo aceptable, simplemente se basa en la media y la desviación típica, por lo que decir que un barrio está poco dotado cuando tiene 120 l/hab. y día, es exagerar, ya que la dotación domiciliaria normal de una persona media europea o norteamericana es de 150 l/hab. y día, nadie emplea más cantidad de agua en beber, asearse, lavar, cocinar y otros usos domésticos a nivel general medio; pero hay que tener en cuenta, que existen otros usos no domésticos como riegos a jardines, limpieza general de las zonas habitadas, hábitos excesivamente consumidores o derrochadores de agua, consumos en actividades públicas, ayuntamientos, oficinas públicas, Ministerios, Colegios

públicos, cuarteles, etc., que hacen subir la dotación domiciliaria pública, que a nivel urbano es de 200 l./ hab. y día, De forma que el cuadro de dotación con no ser del todo acertado es muy aproximado y en última instancia, una zona que tenga menos de 100 l./hab. y día en una ciudad hace pensar en un espacio marginal. De todo esto se puede deducir que las consideraciones espaciales que se ven a continuación son una aproximación aceptable. He dividido Madrid en tres grandes apartados:

- 1.- Zonas poco dotadas. Se trata del cinturón que bordea Madrid desde el Noreste al Suroeste, incluso se podría aumentar hacia el Norte, con zonas perfectamente delimitadas:

Zona Norte del distrito 6. Barrios de Almenara, Valdeacederas y Berruguete. La causa del posible bajo consumo está en la existencia de casas bajas, es decir, casas semirurales de una planta, o que existe otra fuente suministradora que es la Hidráulica Santillana.

Zona Norte: Los barrios de Peñagrande y el Pilar, con una dotación de 140 l./hab. y día, es decir que el consumo doméstico es normal, pero la dotación pública posiblemente sea insuficiente. Existen altas densidades y zonas de casas bajas y chabolas. También en el área de Peñagrande hay otra fuente de suministro que es la Hidráulica.

Zona Noreste: únicamente el barrio de Valdefuentes 184 y el Apostol Santiago, 185 están en cierta medida infradotados, con menos de 140 litros habitante y día. El resto, aún sin superar la media, no están infradotados.

Zona Este: comprende desde la M-30 hasta el límite del término municipal. Son los barrios de Ventas, 161, Pueblo Nuevo 162, Quintana, 163, del distrito 16, los barrios del distrito 15, salvo Medialegua 156 y Fontarrón, 157 y casi todo el distrito 17; son barrios populares densamente poblados, incluso con poco consumo, a excepción de Ventas y Pueblo Nuevo. Este mismo fenómeno se aprecia en los barrios

del Sureste, Sur y Suroeste, salvo excepciones muy localizadas. En el Sureste el distrito 14, los barrios de Vallecas Villa 136 y Santa Catalina 131, están infradotados, todos los barrios tienen dotaciones inferiores a 140 l./hab. y día. Es una de las zonas mas pobladas de Madrid y a la vez con menores niveles de renta.

El Sur está formado por los ejes de Andalucía y Toledo y los barrios limítrofes que también están infradotados en su mayor parte, especialmente en las zonas de casas bajas y chabolas, o los barrios de edificaciones antiguas y por tanto mas deteriorados.

Por último el Sureste, distritos 10 y 11 tienen en general las mismas características que los anteriores. Hay barrios como Aluche, 104, con mucha población o barrios infradotados como Cármenes, 101 y Abrantes 117, en cualquier caso son barrios marginales con servicios públicos como los cementerios y, o bien densamente poblados, o bien con edificaciones sociales.

La falta de dotaciones adecuadas es periférica, particularmente en los distritos del Noreste, Este, Sureste, Sur y Suroeste. Por el contrario, las dotaciones elevadas se observan en el Oeste, eje de la Coruña, Centro y Norte.

- 2.- Zonas bien dotadas. En primer lugar aparece el Oeste, lo forman el distrito 9, aquí es donde se localizan las mejores zonas residenciales de clases elevadas, por lo que la dotación en algunos puntos es bastante alta, como sucede en el Plantío, 96, con muy poco consumo por barrio, pero con una dotación superior a los 500 l./hab. y día, en otros la dotación está exagerada como sucede con Valdemarín, con 1.442,6 l. /hab. y día, sólo en la zona limítrofe con el barrio del Pilar, el barrio de Valdezarza, 93, tiene dotaciones relativamente mas bajas.

En el Norte hay diferencias claras, ya que existen barrios de diferentes categorías sociales y este hecho se refleja claramente en la dotación domiciliaria. Por un lado los barrios de Valverde, 85, Pilar, 84, y Peñagrande 83, que pertenecen a los de poca dotación. Por otro El Pardo, 81, el Goloso, 86, Mirasierra, 87 y Fuentelarreina, 82, que al estar ocupados por clases de mejor posición social tienen dotaciones superiores.

En el Este existe un barrio con dotaciones buenas que queda algo aislado de los de su grupo, y es el de La Piovera, con mas de 500 litros hab. y día.

3.- La zona central de Madrid tiene una homogeneidad mayor que la periférica. No hay barrios excesivamente infradotados ni con dotaciones elevadas, la mayor parte están entre 140 y 450 l./hab. y día de dotación domiciliaria y pública, aún sin contar las cantidades abastecidas por la Hidráulica Santillana que hace subir los promedios en la zona Centro-Norte. La zona mas privilegiada es el eje Prado-Recoletos-Castellana y barrios que la delimitan, en especial El Viso, 51, Castilla, 56, Hispanoamérica, 54, Recoletos, 41, Jerónimos, 35, Castillejos, 63, etc. Es notable en el descenso que se produce en los barrios del distrito 2, Arganzuela, dentro de este área central, ya que casi todos están por debajo de la media de dotación domiciliaria, salvo Legazpi, 24, que tiene muy poca población. La tendencia en este distrito es a consumir mas debido a los recientes planes de ordenación y remodelación de los barrios.

Como conclusión existe en Madrid un paralelismo claro entre el nivel social de la zona y la dotación de agua domiciliaria y pública. Este hecho no es nada nuevo, pero indica que puede servir de ayuda a la hora de establecer cualquier delimitación de tipo social.



Tratando de hallar la relación existente entre los barrios mas consumidores de agua industrial y los barrios mas consumidores de agua domiciliaria y pública he querido establecer una relación que indicase que a mayor consumo, dotación, o porcentajes sobre el total de los primeros, correspondería de forma directa un menor valor en el consumo, dotación o porcentaje sobre el total de los segundos. Especialmente, para indicar que el consumo de agua industrial es incompatible con el consumo domiciliario, es decir, que existe un rechazo de la población de las ciudades a las industrias, o lo que es lo mismo que existe un rechazo de los barrios de tipo residencial independientemente de la clase social, con los barrios industriales. Este hecho que está claro en los polígonos industriales, o inversamente en los barrios muy residenciales, no es tan evidente a nivel urbano y sobre todo a niveles espaciales heterogéneos. Las primeras hipótesis planteadas hacían relación a todos los datos. La primera de ellas definida como "a mayor consumo industrial menor consumo domiciliario y público" no se cumple, y la recta resultante  $y' = 1.381 + 0,39x$ , con un coeficiente de determinación  $r^2 = 0,06$ , que explica el 6% de los casos indica que no se cumple la hipótesis de partida.

La segunda hipótesis consistía en que "a mayor dotación industrial menor dotación domiciliaria", pero los resultados eran igualmente incorrectos, la recta resultante  $y = 21,54 + 0,51x$  indica lo contrario de la hipótesis de partida y el coeficiente de determinación  $r^2 = 0,16$  es decir, el 16% de los casos explicados. La tercera hipótesis decía que "a mayor porcentaje de consumo industrial sobre el total de consumo, menor densidad de población". Pero sin hacer los cálculos a simple vista dió un resultado negativo.

Por último la cuarta hipótesis indicaba "que a mayor porcentaje de consumo industrial sobre el total, menor dotación domiciliaria y pública" los resultados son desastrosos, ya que el coeficiente de determinación explicaba uno de cada 100000 casos y la recta está en contra de la hipótesis de partida  $y = 214,34 + 0,03x$ ;  $r^2 = 1,182 \times 10^{-5}$ .

Un tema de candente actualidad en el consumo domiciliario es el tema del precio del agua que ha sorprendido a muchos madrileños acostumbrados a tarifas por m<sup>3</sup> muy bajas y a hacer mal uso de un recurso escaso, en detrimento de otros ciudadanos y de otras zonas que hubieran podido ser abastecidas y que no lo estaban. Esta situación ha llevado a un aumento del precio del agua por varias razones: primero para situar dicho precio a valores de costo mas reales, aunque en gran parte siga siendo un precio social. Segundo para aumentar la tasa de financiación del Canal de Isabel II, es decir, que aumente el coeficiente de autofinanciación. Tercero, y la mas importante es que el productor que poluciona paga, esto es, que nosotros los madrileños, recibimos agua clara de la cuenca del Tajo y debemos procurar enviar el agua depurada, si no en los tres procesos físico, químico y biológico al menos en los dos primeros, porque es evidente que el resto de la cuenca tiene derecho a recibir agua descontaminada.

De ahí la evolución reciente del precio del agua: cuando pagamos un recibo de agua tenemos los siguientes valores aproximados:

74% pago de agua consumido

16% canon del Ayuntamiento por averías en la red, etc.

10% conservación y lectura, red urbana, contadores, administración.

Ultimamente estos valores se han visto incrementados con el P.S.I.M. y con el P.G.E.D.; es decir, con las cuotas del Plan de Saneamiento Integral de Madrid, que permiten el nuevo alcantarillado, el arreglo y conservación del mismo, creación de colectores, es decir, creación de infraestructuras básicas y por otro lado el Plan General de Estaciones Depuradoras, que van a venir a paliar la situación creada aguas abajo del río Tajo con la creación del Trasvase Tajo-Segura y la contaminación creciente observable en el río cerca de Aranjuez y Toledo. Estas cuotas han provocado una subida porcentual de hasta un 30% en el canon del Ayuntamiento.

#### 4.2.5. El consumo hipotético de agua industrial en Madrid

Madrid y su área de influencia directa es un espacio que por sus características geográficas presenta en la actualidad unos consumos de agua para usos industriales bajos. Basta pensar que la dotación específica de las ciudades europeas y norteamericanas es de 400 y 600 litros por habitante y día respectivamente, mientras que nuestra ciudad y la zona abastecida por el Canal de Isabel II, que tienen una dotación importante en calidad y cantidad, es de 300 l./hab. y día. Si mantenemos unos valores fijos de dotaciones para usos domiciliarios y públicos y unas pérdidas y valores de consumo no facturados similares, tendremos que el valor actual de las dotaciones de agua industrial en dichas ciudades son superiores a las de Madrid. Si además se añade que en el área metropolitana y continuo rururbano existen zonas con sistemas de abastecimiento menos perfeccionados técnicamente que el Canal, la conclusión es evidente: Madrid tiene menor consumo industrial. Este hecho puede obedecer a dos causas; una que nuestra ciudad y su área de influencia tienen ubicadas industrias que consumen caudales de agua mínimos, porque son industrias de transformación en función de un centro de consumo importante, y otra que la falta de caudal sea un hecho limitante para la posible localización industrial, incluso es posible que ambas causas tengan un grado de interrelación bastante elevado.

Una prueba que confirma mi hipótesis es el número de empresas que en el área de influencia de la ciudad están realizando sondeos para captar aguas subterráneas, y por otro lado la cantidad creciente de las mismas que toman agua de pozos, por ejemplo en Torrejón de Ardoz un reciente polígono industrial se abastece de los que perforó el I.N.T.A.

El aumento de las captaciones subterráneas hace que también urbanizaciones residenciales adopten este sistema en zonas cercanas a Madrid sobre la carretera de Burgos. Incluso, algunos municipios del Sur y Suroeste tienen como fundamental esta forma de abastecimiento, siguiendo las normas del Código Alimentario Español(1). Por otra parte, el abastecimiento de aguas subterráneas a núcleos urbanos e industrias es en España el 34% del abastecimiento total. En definitiva, los posibles déficits de agua para este tipo de usos tienden a ser paliados por los aportes subterráneos.

El consumo de agua industrial en Madrid ha pasado de 44,8 Hm<sup>3</sup>/año en 1965 a 78 Hm<sup>3</sup>/año en 1977, con un máximo de 144 Hm<sup>3</sup> año en 1975. Comparada con el resto de las capitales de provincia españolas, era en 1969 (3) la primera ciudad en cuanto a consumo de agua industrial, superando ampliamente la media nacional y seguida de Barcelona, Valladolid, Zaragoza y Sevilla. Sin embargo comparada con un conjunto de ciudades europeas(4) en 1967 tenía un valor porcentual inferior a la media de la mayor parte de dichas ciudades. Este hecho se puede apreciar también a nivel de países(5).

Cuadro 1 Valor del consumo en Hm<sup>3</sup>/año

Países	año	Regadío	doméstico	Industrial
E.E.U.U.	1950	131.245	20.723	76.725
Francia	1970	14.500	4.000	14.000
Italia	1966	29.100	4.900	7.500
España	1967	19.260	2.532	

España que iguala el consumo de agua para regadíos, es comparativamente muy inferior en lo que se refiera a consumo urbano e industrial. De modo que si Madrid es la ciudad de más consumo industrial, la relación establecida a nivel de países se puede mantener a nivel urbano, aún teniendo en cuenta la diferencia de desarrollo industrial, de población y los años a que hacen referencia los datos.

Otra de las hipótesis de partida se cumple si atendemos al consumo de agua por sectores industriales, como se puede apreciar en el cuadro siguiente (6).

CUADRO 2.

CONSUMO DE AGUA POR SECTORES DE ACTIVIDAD

TIPO DE INDUSTRIA	EMPRESA GRANDE		EMPRESA MEDIA	
	Hm <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /día	Hm <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /día
Transformados metálicos, automóviles y material eléctrico...	3	8 220	0.5	1 370
Bebidas y refrescos ... ..	1.2	2 740-5 480	0.5	1 370
Alimentación ... ..	0.2-0.3	547-822	0.1	274
Construcción, cemento y hormigones ... ..	0.5	1 370	0.2	547
Farmacéuticas y químicas ... ..	0.2	547	0.1	274
Papel y artes gráficas ... ..	0.3	822	0.075	205
Agua, gas y electricidad... ..	0.2	547	—	—

FUENTE: Canal de Isabel II. Programa Tradicool. Muestra cercana al 20 por 100, seleccionando las empresas mayores.  
Elaboración personal.

Estos datos confirman que Madrid, capital, no tiene una industria básica importante, faltan empresas de gran consumo de agua, no hay mas que dos papeleras, no hay prácticamente industrias metalúrgicas o químicas de base, y las de primera transformación son insignificantes. Del mismo modo, que no aparecen fábricas de productos agrarios que precisen lavados intensos u otros procesos industriales de gran consumo de agua. Es significativo, por ejemplo, que no existan fábricas de remolacha azucarera y las únicas industrias dedicadas al azúcar lo hacen en el sector de labores de estuchado. Es evidente, que las industrias que consumen mayor cantidad de agua en la ciudad de Madrid son las empresas de tecnología avanzada, las de transformados metálicos, alimentación y refrescos, así como las dedicadas a la construcción. Es conveniente comparar estos datos con los que da Marín (7) como demanda teórica de agua en general para Zaragoza:

Cuadro nº 3

Demanda teórica de agua para usos industriales en Zaragoza

	Número productores	Módulo m <sup>3</sup> /p.a/día	Tq <sub>3</sub> tal demanda m <sup>3</sup> /día
<b>Alimentación:</b>			
Alimentación	3.323	1,5	4.984,5
Bebidas no alcohólicas	609	6,8	4.141,2
<b>Textil:</b>			
Géneros de punto	265	0,1	26,5
Preparación, hilado y tejido	1.554	0,95	1.476,3
<b>Piel y confección:</b>			
Curtidos	690	0,0	2.760
Resto sector	6.702	0,05	335,1
<b>Madera:</b>			
Industria madera	5.652	0,15	847,8
<b>Papel:</b>			
Fabricación pastas, papel y cartón	901	22	19.822
Resto sector	2.450	0,05	122,5
<b>Química:</b>			
Química básica	3.236	16,8	54.364

745.

	Número productores	Módulo m/p.a/día	Total demanda n <sup>3</sup> /día
Productos caucho	1.291	0,25	322,75
Aceites y grasas	110	0,25	27,5
Otros productos químicos	1.362	0,25	340,5
Siderometalúrgica:			
Metálicas básicas	2.545	4	10.180
Transformados metálicos	23.938	0,2	4.787
Productos minerales no metálicos:	2.292	0,9	2.062,8
Construcción:			
Empresas constructoras	8.949	1	8.949
Resto de sector	8.644	0,05	433,2
Total m <sup>3</sup> /día			115.982,65
Total m <sup>3</sup> /año			42.333.667

Fuente: Marín, Jaime, J.M.: Agua y usos de suelo en el término municipal de Zaragoza.

Con este cuadro y con los siguientes se van a poder entender mis aseveraciones anteriores que indican que Madrid es una ciudad que limita la localización en su término de las industrias de mucho consumo de agua.

Basándonos en este cuadro y en datos del número de obreros en el año 1.975, obtenidos del Servicio Sindical de Estadística de la A.I.S.S. He realizado el cuadro nº4; que es una aproximación a la demanda teórica de agua en función del número de obreros. En esta primera aproximación la demanda total es muy baja, ya que sólo se toma el número de obreros de industrias fabriles, y con todo, los datos de estos sectores son muy bajos como veremos, pero resulta muy útil para estimar el consumo de agua en cada subsector. Para calcular la demanda teórica final de modo mas correcto y real utilizaré otros datos obtenidos de la A.I.S.S. (8), de Ricardo Méndez y del Banco de Bilbao.

Al tratar de explicar el cuadro nº 4, comenzaré por el sector alimentación; no hay practicamente fábricas conserveras de frutas ni de legumbres, estos sectores que consumen cantidades importantes

## CUADRO N° 4

DEMANDA TEORICA DE AGUA INDUSTRIAL EN LA PROVINCIA  
DE MADRID EN FUNCION DE LOS TIPOS DE SECTORES Y DEL  
NUMERO DE TRABAJADORES

Sectores industriales	N°de trabajadores	Demanda por activo m <sup>3</sup> /p.a.y día (*)	Demanda teó- rica m <sup>3</sup> /año
Tabaco total sector	526	0,05	9.599,5
Conservación y envase de frutas y leg.	71	1,5	38.872,5
Fábricas de harina	213	1,5	116.617,5
Fábricas de azúcar	272	1,5	148.920
Productos alimenticios	2.397	1,5	1.312.357,5
Derivados del cacao	183	1,5	100.192,5
Café y sucedáneos	656	1,5	359.160
Industrias derivadas del aceite	146	0,24	12.789,6
Total alimentación	3.938	1,44	2.088.909,6
Gaseosas y bebidas analcohólicas	3.033	6,8	7.527.906
Aguas naturales envasadas	19	6,8	47.158
Cerveza y maltas	3.344	6,85	8.348.630,4
Alcoholes vínicos	2	1,5	1.095
Aguardientes y licores	297	1,5	162.607,5
total bebidas	6.695	6,584	16.087.396,9
Hilaturas y tejidos de algodón	562	0,8	164.104
Hilaturas y tejidos de lana	42	1,1	16.863
Hilaturas de seda	255	0,1	9.307,5
Hilaturas y tejidos de fibras duras	2	0,1	73
Fabricación de géneros de punto	1.627	0,1	59.385,5
Industrias textiles diversas	124	0,1	4.526,0
Total textiles	2.612	0,264	254.259
Industr.Segunda transf. de madera	15.637	0,15	856.125,75
Tonelería	9	0,15	492,75
Chapas, tableros, maderas mejoradas	27	0,15	1.478,25
Escobas, cepillos, brochas y pinceles	85	0,15	4.653,75
Total madera y corcho	15.758	0,154	862.750,5
Fabricación pastas papeleras, papel y cartón	803	22	6.448.090
Manipulados de papel	4.016	0,05	73.292
Artes gráficas	19.913	0,5	363.412,25
Total y artes gráficas	24.732	0,764	6.884.794,25
Calzado	468	0,05	8.541
Guantes piel	218	0,05	3.978,5
Peletería	1.232	0,05	22.484
Curtidos	837	4	1.222.040
Cuero, usos industriales	13	4	18.980
Artículos piel,guarnicionería, etc.	2.383	0,5	348.830,5
Sombreros	248	0,5	4.526
Paraguas y bastones	14	0,5	255,5
Total cuero y calzado y confección	24.527	0,194	1.673.114,25



nuación)

747.

res. industriales	Nº de trabajadores	Demanda por activo m <sup>3</sup> /p.a. día	Demanda teórica m <sup>3</sup> /año
ción de fibras artificiales	1.107	0,8	323.244
ción de productos caucho	1.654	0,22	132.816,2
inorgánica de base	90	17	558.450
ción de gases embasados	547	17	3.394.135
a de base	92	17	570.860
s primas farmacéuticas	845	17	5.243.225
os carbón, madera y asfaltos	270	17	1.675.350
s primas plásticas	120	0,25	10.950
tes y pigmentos	51	1,2	22.338
vos	274	0,25	25.002,5
	70	0,25	6.387,5
s, barnices y tintas	1.862	1,2	815.556
as	43	0,25	3.923,75
y grasas industriales	165	0,24	14.454
os y aprestos	326	0,25	29.747,5
lidades farmacéuticas	15.900	0,25	1.450.875
ría y jabones tocador	4.411	0,2	322.003
	123	0,25	11.223,75
y parafinas	709	0,25	64.696,25
l fotográfico	406	0,25	37.047,5
os plásticos	6.336	0,25	578.160
ción de hielo para venta	235	17	1.458.175
ntes sintéticos	627	0,25	57.213,75
as sintéticas	73	0,25	6.661,25
ción y distribución de gas	843	17	5.230.815
sector químico	37.179	1,62 †	22.043.309,95
de metales no férreos	126	4	183.960
rmados metálicos	84.195	0,2	6.146.235
bisutería	2.038	0,2	148.774
ón de metales no férreos	1.528	4	2.216.280
sector metal	87.877	0,27 †	8.695.249
ias de piedra natural	1.580	0,05	28.835
los del cemento	3.058	0,05	55.845
ción de fibrocemento	2.106	1	768.690
os	19	0,05	346,75
les de construcción de tierras co			
y alfarería	2.202	0,05	40.186,5
porcelana	1.715	0,05	31.298,75
les refracterios y gres	174	0,05	3.175,5
os	331	0,05	6.040,75
ción de vidrio	2.140	0,05	39.055
turas de vidrio	1.485	0,05	27.101,25
industrias construcción	14.810	0,17 †	1.000.566,5
industria provincia de Madrid	218.654	0,64	50.895.100,95

- 3: Servicio Sindical de Estadística: Estadística de la producción industrial 1.975, Ediciones y publicaciones populares. Organización Sindical. Madrid, 1.975. 2 vols.  
Marín, Jaime, J.M.: "Agua y usos del suelo en el término municipal de Zaragoza". Geographicalia, n° 3, Zaragoza, 1.979.  
Servicio de Estudios del Banco Urquijo: El agua recurso natural escaso. Editorial Moneda y Crédito. Madrid, 1.969, págs. 257 y ss.  
\*) Metros cúbicos por persona activa y día.

de agua en lavado de embases y de materias primas no aparecen en Madrid, mientras que en Zaragoza es un sector importante al igual que en Barcelona. Este hecho tiene una fácil explicación, Madrid no es puerto de mar, ni tiene fértiles vegas y además las pocas vegas cercanas son utilizadas para consumo de alimentos frescos y de estación, siendo con todo insuficientes. Esto cuando no son utilizadas como reserva de suelo industrial como ocurre en Alcalá de Henares.

No hay azucareras, y únicamente debe haber una fábrica de remolacha en la provincia. El sector alimentación es, con el de fabricación de hilaturas, el que menos empleados tiene a nivel provincial. El segundo sector es el de bebidas, y aquí se produce un fenómeno interesante. El agua de Madrid es en general blanda y no necesita tratamientos de coste excesivo, porque sus calidades de tratamiento son magníficas, esto ha conducido a que se localicen un gran número de industrias de refrescos, porque además tienen un centro de consumo importantísimo. Esto explica también que existan fábricas cerveceras que tienen la materia prima "cebada" en un radio potencial mínimo. Con todo, ese sector está muy bien situado a nivel comparativo porque Zaragoza sólo tiene 609 empleados en el mismo.

El sector textil es prácticamente inexistente, no está representado el sector de acabados textiles (ramo del agua) y únicamente hay dos empleados en la fabricación de fibras duras o fibras de lana, se aprecia que existen ramas que no necesitan grandes cantidades de agua como la fabricación de géneros de punto que por sí sólo es casi las dos terceras partes del sector según el número de obreros, y es un sector de consumo similar al de la confección. Al igual sucede con el sector madera que tiene el mayor número de obreros en empresas fabricantes de muebles poco consumidoras de agua, o con el sector papel y artes gráficas que tiene también el mayor número de obreros, no en el sector papel, gran consumidor, con sólo 803 obreros, sino en artes gráficas con 19.913 obreros. En este sector, Madrid posee, junto con Barcelona una clara especialización como han visto Estébanez y Bradshaw (9).

Dentro de los que mayor número de obreros emplean están el sector de cuero, calzado y confección, el de químicas y el del metal. Pero también con un hecho casi general, aquel sector que necesita grandes cantidades de agua se encuentra mucho menos representado, no sólo a nivel local, sino también porque baja el porcentaje con relación al total nacional. Así en el primero de los tres citados, el que mayor población ocupa es el subsector de confección en serie, poco consumidor, mientras que el que consume mas agua es curtidos con un número de obreros bajo. En el sector de químicas el mas representado por el número de trabajadores es el subsector de especialidades farmacéuticas, mientras que el mas consumidor es materias primas farmacéuticas seguido de química de base con pocos trabajadores; igual sucede con la metalurgia, donde la metalurgia de base, que aún estando bien representada a nivel nacional, comparativamente con el resto del sector tiene una importancia mínima, por otro lado, los sectores de transformados metálicos, que consumen menos cantidades de agua, ocupan a casi todos los activos del sector. El último sector, industrias de construcción, creo que debería tener mayor consumo, pero he utilizado los valores del servicio de estudios del Banco Urquijo para Cataluña, y en este sector allí da valores de consumo en metros cúbicos por persona activa y día muy bajos, el resultado al trasvasar los datos a Madrid es inferior al que supongo real.

En conjunto el cuadro da un total de cincuenta millones de Hms<sup>3</sup> de agua industrial, es de suponer que este valor está muy por debajo del real;

- 1) Porque el número de trabajadores industriales es muy bajo para cada sector, ya que Ricardo Méndez (10) por ejemplo, da unos valores más elevados utilizando empresas de mas de 25 trabajadores, pero además el resto de las fuentes INE (11), Banco de Bilbao (10), y el propio Servicio Sindical de Estadística (10) en "Las Comarcas de la Provincia de Madrid", dan un número de trabajadores más elevado en las industrias fabriles.

- 2) Porque no están incluidos el resto de los sectores; construcción, comercio y servicios no públicos que suelen agruparse en el epígrafe de consumo de agua industrial y comercial en todas las fuentes consultadas que hacen referencia al agua.
- 3) Porque los datos de consumo en  $m^3$  por activo y día son los módulos utilizados en otra región, de características industriales distintas, Cataluña, elaborados por el Servicio de Estudios del Banco Urquijo, pero calculados en base a datos del Instituto de Hidroeconomía de Berlín.
- 4) Dada la diferencia de datos entre el propio Servicio Sindical de Estadística en las fuentes utilizadas para aspectos industriales: "Las comarcas de la Provincia de Madrid" y "Estadísticas de la producción industrial", que dan datos distintos para el sector de industrias fabriles en la provincia de Madrid; en la primera publicación el número de obreros que da es de 428.588 y en la segunda es de 218.654, es de suponer que en esta última sólo se hayan contado los trabajadores y técnicos que trabajan en los procesos productivos; esta es la única explicación razonable que se me ocurre ante las diferencias tan considerables que existen en los datos.

Con todo y a pesar de lo dicho, esta aproximación es útil para poder saber el valor mínimo de consumo de agua industrial en la provincia de Madrid, en la que aproximadamente el 70% de dicho consumo se debe gastar hipotéticamente en la capital. Este cuadro además no sirve para calcular la demanda teórica posible, sino para que con los módulos calculados por activo en metros cúbicos/persona activa y día en los totales de cada sector, cifras con asterisco, pueda realizar unas nuevas aproximaciones con fuentes en las que el número de trabajadores por sector y actividad sea mas fiable.

Para averiguar de forma más aproximada el consumo hipotético de agua industrial según el número de obreros, he calculado estos valores, con una fuente poco expresiva como es la del Instituto Nacional de Estadística (cuadro 5), basándome en los valores de los módulos calculados para Madrid con el cuadro 4. El único interés que tiene esta fuente es que me permite comparar el orden jerárquico por el número de trabajadores a nivel nacional y el consumo hipotético de agua industrial. Independientemente del número de empleos, la jerarquía es por sí sola un valor indicativo de las posibilidades de consumo de agua de Madrid; ya que es la primer provincia industrial de España. En minas y canteras, alimentación, textiles y metálicas básicas nuestra provincia está muy alejada de los primeros puestos, ya que son actividades muy consumidoras de agua. Unicamente, en el sector bebidas Madrid ocupa el primer puesto por aquello que he indicado de ser la calidad del agua muy buena para envases de cristal y por no necesitar tratamientos descalcificadores o decantadores. En esta aproximación la demanda teórica del sector bebidas es de 18 millones de  $m^3$ /año y es el primer sector consumidor en esta aproximación. El sector químico que está excelentemente representado a nivel provincial, con poblaciones especializadas, es el caso de Alcalá de Henares, que no utiliza todavía agua del Canal y cuyo sistema de abastecimiento actual del Sorbe (Embalse de Beleña) resulta insuficiente, por lo que muchas empresas químicofarmacéuticas tienen sus propios pozos perforados en las terrazas del río Henares. es, con todo, según esta aproximación, el segundo sector consumidor.

Madrid, no puede ser menos que uno de los primeros centros industriales más consumidores de agua, aunque sea en industrias poco consumidoras, por cuanto que ocupa los puestos segundo y tercero a nivel nacional en sectores tan importantes como químicas, transformados metálicos, etc.

El que más trabajadores aporta es papel y artes gráficas no en el primer subsector que es ínfimo (no hay casi pape-

CUADRO 5 Consumo hipotético de agua industrial en 1977 en la provincia de Madrid  
por el número de trabajadores según el Instituto Nacional de Estadística  
y aplicando los módulos del Servicio de Estudios del Banco Urquijo.

SECTORES	Nº de empleados	Rango Nacional	Módulo demanda m <sup>3</sup> /p. a. y día	Demanda Teórica de agua m <sup>3</sup> / año
Minas y canteras	1.116	21	0,25	101.835
Alimentación	8.860	6	1,4	4.527.460
Bebidas y tabaco	7.603	1	6,58	18.260.125
Textiles	2.591	7	0,26	245.885,9
Calzado, Confección y				
Cuero	23.438	3	0,19	1.625.425,3
Madera y corcho	15.279	3	0,15	836.525,2
Papel y artes gráficas.	23.102	2	0,76	6.408.494,8
Químicas	30.023	2	1,62	17.752.599
Vidrio, cerámica y				
material de const.	14.320	3	0,17	888.556
Metálicas básicas	3.427	9	4	5.003.420
Transform. metálicos	113.532	2	0,2	8.287.836
TOTAL	243.291		0,72	63.938.160
Total activos	1.659.700			
Total parados	146.800			

leras), si no en artes gráficas que es muy poco consumidor de agua. También el sector madera y corcho aparece bien representado por ser un centro consumidor de mueble muy importante así como el sector de cuero, calzado y confección, otra vez en el sector menos consumidor que es el de confección con mucha mano de obra y poco consumo por persona activa, y en vidrio cerámica y materiales de construcción, sector muy tradicional en la provincia ya que existen las materias primas: arcillas y yesos, con lo que se producen gran cantidad de materiales de construcción absorbidos por la obras de la ciudad, este sector se nutre de agua, de cauces sin tratamientos, por lo que no necesita evaluaciones especiales.

Con todo la aproximación de consumo hipotético total del cuadro 5 es bastante baja, entre otras causas porque faltan los valores que se suelen dar como consumo industrial de agua que son: el comercio, los servicios no públicos, y un sector bastante consumidor como es el de la construcción, pero esta aproximación resulta interesante aunque el número de obreros industriales sea muy bajo, sólo 243.291, cuando cualquier fuente más elaborada da más de cuatrocientos mil empleados. Su interés reside en el poder comparar la jerarquía que ocupa Madrid en el total nacional.

Es posible que la aparición de industrias poco consumidoras de agua fuese una imposición de localización forzada por la era de Franco, pero me faltan datos y análisis para llegar a una conclusión categórica; lanzo la hipótesis porque parece como si, durante esta época, Madrid hubiese tenido una industria de transformación media, de pocos obreros, de tecnología avanzada, poco consumidora de agua, e hipotéticamente poco contaminadora, y estas eran algunas de las ideas del anterior jefe de Estado y de sus primeros Gobiernos para la capital de la Nación.

Una aproximación global bastante real es la del Banco de Bilbao (cuadro 6), el número de activos es bastante similar a la que da la otra fuente de sindicatos "Las comarcas de la provincia de Madrid" con pequeñas diferencias de

CUADRO 6 Consumo hipotético de agua industrial en 1977 en la provincia de Madrid por el número de trabajadores según el Banco de Bilbao y aplicando los módulos del Servicio de Estudios del Banco Urquijo.

SECTORES	Nº DE EMPLEOS	Módulo demanda m <sup>3</sup> / p. a. y día	Demanda teórica de agua m <sup>3</sup> / año
Minería	2.972	0,25	271.195
Agua, gas y electric.	11.313	0,05	206.462
Edificación y O. P.	215.080	1	78.504.200
Alimentación, bebidas y tabaco	36.677	4,7	62.919.393
Textil	6.647	0,26	630.800
Cuero, Calzado y confección	60.329	0,19	4.183.816
Madera y corcho	27.975	0,15	1.531.631
Papel, prensa y artes gráficas	40.418	0,76	11.211.953
Químicas	47.449	1,62	28.056.593
Cerámica, vidrio y cemento	18.579	0,17	1.152.827
Metálicas básicas	16.845	4	24.951.514
Transformados metálicos	177.418	0,2	12.951.514
TOTAL INDUSTRIA	661.702	0,94	226.214.084
Transportes y comunicaciones	125.525	0,05	2.290.831
Comercio	216.000	0,05	3.942.000
Ahorro, banca y seguros	81.248	0,05	1.482.776
Hostelería y similares	94.963	0,05	1.733.074
Servicios diversos	217.306	0,05	3.965.834
TOTAL COMERCIO Y SERV.	735.042	0,05	13.414.515
TOTAL AGUA INDUSTRIAL Y COMERCIAL			239.628.599



algunos miles de obreros . Por tanto, los datos del Banco de Bilbao permiten calcular la demanda teórica con una gran aproximación. El subsector más consumidor es el de la construcción seguido del de alimentación. Los servicios y el comercio, a pesar del número de obreros cuantioso es un sector poco consumidor de agua ya que los módulos aplicados son ciertamente bajos. Los sectores químicos y metálicos son los que siendo plenamente industriales consumen cantidades apreciables de agua. Pero el hecho fundamental es que la provincia consume hipotéticamente en agua industrial y comercial casi 240 millones de  $m^3$ , cifra importante que equivale a más de la mitad del consumo abastecido por el Canal de Isabel II y es con todo una buena aproximación.

Otra aproximación bastante aceptable es la que he realizado con los datos de la organización sindical (AISS) en el libro citado de las comarcas de Madrid (cuadro 7). Con un consumo aproximado al anterior con 187 millones de  $m^3$  de agua industrial para la provincia descompuesto por comarcas; la construcción y las industrias fabriles vuelven a ser las de mayor consumo hipotético y junto a un total real de 223 millones que da la misma fuente para toda la provincia en consumo domiciliario  $m^3/año$ , las necesidades posibles de la provincia son de  $410 Hm^3/año$ , cifra que como se puede apreciar es insuficiente ya que sólo Madrid capital y el área abastecida por el Canal de Isabel II los consume en este momento, por lo que parecen más reales los datos del Banco de Bilbao que dan mayor consumo industrial hipotético en función del número de obreros.

Por comarcas el consumo hipotético de agua industrial es proporcionalmente similar al real. Madrid y los municipios del Area Metropolitana son los mayores consumidores de agua. Con 120 millones de  $m^3$  cifra de consumo industrial que sólo aparece de forma similar en los datos del Ayuntamiento de 1975, y 26 millones de  $m^3$  el Area. Es decir, que en Madrid el consumo real de agua industrial es posiblemente

CONSUMO HIPOTÉTICO DE AGUA INDUSTRIAL DE 1.977 EN LA PROVINCIA DE MORTO POR COMARCAS Y POR EL MUNICIPIO DE LAS VEGAS, CONSIDERANDO EL CONSUMO INDUSTRIAL DE ESTADÍSTICA Y ACTUAL, COMO LOS ANÁLISIS DEL SERVICIO DEL BANCO URBANO INDICACIONES

Comarca	Agua para el hogar y comercio	Industria	Comercio	Transporte	Inventaría	Otros servicios	Administración pública	Percepciones	Total
	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo
I. Las Vegas	1.932	94	8.537	798	281.270	1.426	191.977	2.102	8.249
II. Las Vegas	2.165	161	12.941	2.911	1.089.815	1.416	191.977	2.102	8.249
III. Las Vegas	2.455	141	11.298	22.597	8.247.395	19.876	18.657.632	19.679	19.679
IV. Las Vegas	2.441	189	17.246	5.994	2.187.810	22.146	5.177.977	2.211	58.765
V. Las Vegas	6.416	41	7.191	12.292	4.486.190	20.114	4.103.362	5.231	104.599
VI. Las Vegas	6.120	449	40.911	3.211	1.177.015	8.442	1.972.091	1.947	19.512
Total provincial	21.505	1.517	138.426	47.823	17.495.395	115.154	11.571.974	11.661	83.254
Total municipal	5.794	1.009	146.020	142.736	52.483.640	791.414	68.546.182	114.679	1.147.818
Total provincial	27.299	1.117	784.426	191.559	69.979.035	176.568	120.118.156	229.343	1.891.073
Total provincial	27.299	1.117	784.426	191.559	69.979.035	176.568	120.118.156	229.343	1.891.073
Total provincial	27.299	1.117	784.426	191.559	69.979.035	176.568	120.118.156	229.343	1.891.073

Consumo hipotético (datos reales) 229.343 m<sup>3</sup>. Consumo industrial (datos hipotéticos) 169 m<sup>3</sup>. Consumo comercial y servicios (datos hipotéticos) 14 m<sup>3</sup>. Total consumo industrial y comercial (datos hipotéticos) 183 m<sup>3</sup>. Consumo total 110 m<sup>3</sup>.

El consumo hipotético se ha calculado en base a los datos estadísticos de la provincia de Las Vegas, considerando el consumo industrial y comercial.

Nota: Se han considerado los datos estadísticos de la provincia de Las Vegas, considerando el consumo industrial y comercial.

El consumo hipotético se ha calculado en base a los datos estadísticos de la provincia de Las Vegas, considerando el consumo industrial y comercial.

75.

menor que el que hipotéticamente se necesitaría, o bien que, en las aproximaciones realizadas con datos del Canal existe un error que impide apreciar la realidad del consumo, puede ocurrir también que existan dentro de la capital otras fuentes de aprovisionamiento, este último hecho parece menos real. Me inclino por aventurar que el consumo de agua industrial de Madrid está por debajo de lo que las industrias de las mismas características gastan en otros lugares.

Por ejemplo, con datos de Ricardo Méndez (10) (cuadro 8) sólo para empresas de más de 25 trabajadores el consumo de agua industrial es de 107 millones de  $m^3$ , sin añadir el consumo comercial y de servicios, y da una cifra bastante superior a los datos reales que suele aportar el Canal, el

Ayuntamiento o a los programas que he realizado en este trabajo. La única conclusión fundamental es que las necesidades de agua industrial son superiores a los caudales aportados en la actualidad para este fin y es necesario incrementarlos. Pero además la provincia de Madrid necesita como mínimo de 570 a 900 millones de  $m^3$ /año por tanto, cualquier aproximación que señale cifras inferiores es inexacta, por debajo de la real, o indicativa de subconsumo.

Cuadro 8. Consumo hipotético de agua industrial en la provincia de Madrid por municipios, por distritos de la ciudad, por el número de trabajadores y empresas de más de 25 empleados, según Bacteriología y calidad del agua y aplicación de los métodos del Servicio de Estudios del Banco Urquijo modificados (año).

Municipios	Alimentación, bebidas y tabaco	Química	Textil y confección	Madera y carpintería	Papel y A. Gráfica	Materiales de construcción, vidrio y cerámica	Cuero y calzado	Metalurgia básica	Transformación de metales	Industrias diversas	Total
Municipios	4,7	1,82	0,28	0,15	0,76	0,17	0,19	4	0,2	0,05	
Personas activas	190.420,5	15.371,8	32.171,1	20.895,5	235.512,8	38.719,2	35.231,2	8.282.350	920.520	4.453	484.311,2
1. Centro	7.372.217	1.032.544,9	788.235,4	50.896,4	633.540,4	11.789,2	11.789,2	185.780	113.518	8.406,75	17.352.954,75
2. Arganzuela	12.212,5	1.212.758,3	50.896,4	17.301	82.651,6	11.789,2	11.789,2	185.780	113.518	8.406,75	17.352.954,75
3. Retiro	142.386,5	411.053,8	31.411,9	12.811,5	530.664,2	14.279,5	14.279,5	185.780	113.518	8.406,75	17.352.954,75
4. Salamanca	1.105.495,5	1.086.387,6	132.860	12.811,5	530.664,2	14.279,5	14.279,5	185.780	113.518	8.406,75	17.352.954,75
5. Chamartín	319.508	832.532,2	327.120,3	20.347	228.635,8	14.839,98	14.839,98	718.320	45.921	5.720,5	2.411.034,7
6. Tetuán	1.044.739,5	1.073.028,5	37.259,9	6.002,5	253.543,6	9.617,75	9.617,75	718.320	45.921	5.720,5	2.411.034,7
7. Chamberí	188.705	441.109,8	37.259,9	6.002,5	253.543,6	9.617,75	9.617,75	718.320	45.921	5.720,5	2.411.034,7
8. Fuencarral	188.705	441.109,8	37.259,9	6.002,5	253.543,6	9.617,75	9.617,75	718.320	45.921	5.720,5	2.411.034,7
9. Moncloa	188.705	441.109,8	37.259,9	6.002,5	253.543,6	9.617,75	9.617,75	718.320	45.921	5.720,5	2.411.034,7
10. Latina	832.017,5	582.326,3	39.458	5.201,8	235.235,2	5.398,35	5.398,35	237.980	59.422	1.350,5	2.693.743,8
11. Carabanchel	3.086.181,5	831.959,1	96.135,7	15.603,75	236.087,4	3.723	3.723	83.220	195.421	9.935	1.969.506,8
12. Villaverde	425.728,5	151.984,1	35.387,7	35.916	236.087,4	12.347,96	12.347,96	83.220	195.421	9.935	1.969.506,8
13. Medinilla	425.728,5	151.984,1	35.387,7	35.916	236.087,4	12.347,96	12.347,96	83.220	195.421	9.935	1.969.506,8
14. Valdecarlos	425.728,5	151.984,1	35.387,7	35.916	236.087,4	12.347,96	12.347,96	83.220	195.421	9.935	1.969.506,8
15. Moratalaz	705.070,5	135.999	41.471,3	8.460,5	139.809,6	75.949,2	75.949,2	284.700	77.964	2.792,25	1.338.506,75
16. Ciudad Lineal	1.589.470,5	1.329.638,7	101.732,8	23.871	487.889,2	49.640	49.640	972.360	258.785	2.228,5	4.043.225,45
17. San Blas	4.588.982,5	1.613.065,4	101.732,8	23.871	487.889,2	49.640	49.640	972.360	258.785	2.228,5	4.043.225,45
18. Hortaleza	2.089.479	888.767,4	34.258,9	15.004,25	152.015,2	28.356,85	28.356,85	235.060	47.304	21.949,75	3.518.249,5
Total Madrid (distrito)	24.668.603,5	13.294.187,9	1.791.427,3	190.694,25	4.350.464,2	411.143,3	237.107,65	22.632.920	5.338.373	137.532	73.251.483,10

Municipios	Alimentación, bebidas y tabaco	Química	Textil y confección	Madera y carpintería	Papel y A. Gráfica	Materiales de construcción, vidrio y cerámica	Cuero y calzado	Metalurgia básica	Transformación de metales	Industrias diversas	Total
Municipios	4,7	1,82	0,28	0,15	0,76	0,17	0,19	4	0,2	0,05	
Personas activas	190.420,5	15.371,8	32.171,1	20.895,5	235.512,8	38.719,2	35.231,2	8.282.350	920.520	4.453	484.311,2
1. Centro	7.372.217	1.032.544,9	788.235,4	50.896,4	633.540,4	11.789,2	11.789,2	185.780	113.518	8.406,75	17.352.954,75
2. Arganzuela	12.212,5	1.212.758,3	50.896,4	17.301	82.651,6	11.789,2	11.789,2	185.780	113.518	8.406,75	17.352.954,75
3. Retiro	142.386,5	411.053,8	31.411,9	12.811,5	530.664,2	14.279,5	14.279,5	185.780	113.518	8.406,75	17.352.954,75
4. Salamanca	1.105.495,5	1.086.387,6	132.860	12.811,5	530.664,2	14.279,5	14.279,5	185.780	113.518	8.406,75	17.352.954,75
5. Chamartín	319.508	832.532,2	327.120,3	20.347	228.635,8	14.839,98	14.839,98	718.320	45.921	5.720,5	2.411.034,7
6. Tetuán	1.044.739,5	1.073.028,5	37.259,9	6.002,5	253.543,6	9.617,75	9.617,75	718.320	45.921	5.720,5	2.411.034,7
7. Chamberí	188.705	441.109,8	37.259,9	6.002,5	253.543,6	9.617,75	9.617,75	718.320	45.921	5.720,5	2.411.034,7
8. Fuencarral	188.705	441.109,8	37.259,9	6.002,5	253.543,6	9.617,75	9.617,75	718.320	45.921	5.720,5	2.411.034,7
9. Moncloa	188.705	441.109,8	37.259,9	6.002,5	253.543,6	9.617,75	9.617,75	718.320	45.921	5.720,5	2.411.034,7
10. Latina	832.017,5	582.326,3	39.458	5.201,8	235.235,2	5.398,35	5.398,35	237.980	59.422	1.350,5	2.693.743,8
11. Carabanchel	3.086.181,5	831.959,1	96.135,7	15.603,75	236.087,4	3.723	3.723	83.220	195.421	9.935	1.969.506,8
12. Villaverde	425.728,5	151.984,1	35.387,7	35.916	236.087,4	12.347,96	12.347,96	83.220	195.421	9.935	1.969.506,8
13. Medinilla	425.728,5	151.984,1	35.387,7	35.916	236.087,4	12.347,96	12.347,96	83.220	195.421	9.935	1.969.506,8
14. Valdecarlos	425.728,5	151.984,1	35.387,7	35.916	236.087,4	12.347,96	12.347,96	83.220	195.421	9.935	1.969.506,8
15. Moratalaz	705.070,5	135.999	41.471,3	8.460,5	139.809,6	75.949,2	75.949,2	284.700	77.964	2.792,25	1.338.506,75
16. Ciudad Lineal	1.589.470,5	1.329.638,7	101.732,8	23.871	487.889,2	49.640	49.640	972.360	258.785	2.228,5	4.043.225,45
17. San Blas	4.588.982,5	1.613.065,4	101.732,8	23.871	487.889,2	49.640	49.640	972.360	258.785	2.228,5	4.043.225,45
18. Hortaleza	2.089.479	888.767,4	34.258,9	15.004,25	152.015,2	28.356,85	28.356,85	235.060	47.304	21.949,75	3.518.249,5
Total Madrid (distrito)	24.668.603,5	13.294.187,9	1.791.427,3	190.694,25	4.350.464,2	411.143,3	237.107,65	22.632.920	5.338.373	137.532	73.251.483,10

[illegible]

Notas 4.2.5.

- (1) Presidencia del Gobierno: "Código Alimentario español". B.O.E. 2484/1967. Madrid 1967.
- (2) Sección estadística: Resumen estadístico. Excelentísimo Ayuntamiento de Madrid. Madrid, 1975.
- (3) Servicio Sindical de Estadística. Datos de abastecimiento de agua en España. 1968-69. Organización sindical. Madrid, 1975.
- (4) Ministerio de Planificación del Desarrollo: "Estudio sobre equipamientos en estructuras y servicios urbanos". Madrid 1975.
- (5) El cuadro está elaborado a partir de los datos de Porras Martín, J. "Aguas subterráneas. Cuadernos del CIFCA. Madrid, 1978. Pág 28.
- (6) SANZ GARCIA, J.M. Y MUÑOZ MUÑOZ, J. : "El hecho geográfico del agua en el proceso de industrialización de Madrid" Ponencia presentada en el cuarto simposio de la Industria y el Medio Ambiente. Madrid, 18-20 de diciembre de 1978.
- (7) MARIN JAIME, J.M.: "Agua y usos del suelo en el término municipal de Zaragoza" Geographicalia, nº3. Zaragoza, 1979. Págs 43-45.
- (8) MENDEZ GUTIERREZ DEL VALLE, R.: "La industria de Madrid Estudio Geográfico". Tesis Doctoral publicada recientemente por la Universidad Complutense de Madrid (1981). Comunicación verbal y aportación de datos numéricos. Servicio sindical de estadística, Estadística de la producción industrial. 1975. Ediciones y publicaciones populares. Organización sindical. Madrid, 1975. Dos volúmenes. Servicio Sindical de Estadística. Las comarcas de la provincia de Madrid. Op. cit. Págs 73 y ss. Banco de Bilbao: Renta nacional de España. 1977. Artes Gráficas Grijelmo. Bilbao. 1978. Pág 74 y ss.
- (9) ESTEBANEZ, J. Y BRADSHAW, R. : "Técnicas de cuantificación en Geografía." Ed. Tebar Flores. Madrid, 1978. Pág. 122.

(9 Cont.) ESTEBANEZ ALVAREZ, J. y BRADSHAW, R.P.: Especialización y diversificación industrial en las provincias españolas. Ciudad e industria . 4º coloquio sobre geografía. Oviedo, 1.975. Págs. 449 y ss.

(10) MENDEZ GUTIERREZ DEL VALLE, R.: La industria de Madrid. Op. cit. Comunicación verbal.

#### 4.2.6. El consumo de agua industrial por barrios en Madrid.

En una aproximación realizada para averiguar el consumo de agua en Madrid con datos facilitados por el Servicio de Planificación y Mecanización del Canal de Isabel II, pude conseguir los valores del consumo de agua facturada para usos industriales en los sectores geográficos en los que el Canal divide a la ciudad y trasvasados al Código territorial de barrios del Ayuntamiento; los resultados han sido los que refleja el cuadro 1. Sin duda los valores en algún caso muy concreto son poco reales o poco significativos al examinar el paisaje urbano, ya que puede darse el caso que aparezca un barrio como Sol 16, J. de Madrid, con un fuerte consumo industrial, esto es debido a que los datos facilitados por el Canal agrupan los consumos industriales, comerciales y de servicios no públicos en un sólo epígrafe, aunque en Madrid existen abastecidos por dicha empresa, aproximadamente 16.000 licencias comerciales y 14.000 industriales. Ahora bien, he comparado los valores a nivel de distrito con los datos de Ricardo Méndez (1), cuadro 2 y gráfico 1, y el resultado es similar hecha la salvedad de aquellas áreas de fuerte densidad comercial, que he delimitado de forma cualitativa y subjetiva pero real.

He ajustado los datos de consumo de agua por distrito, -facturado según el Canal con los datos, al mismo nivel espacial, de Ricardo Méndez mediante recta de regresión de valor

$$y = 2.603,43 + 0,45x$$

$$\text{coeficiente de correlación } r = 0,75$$



Cuadro 1. Consumo de agua industrial. Porcentaje del consumo de agua industrial sobre el total. Dotación específica industrial. Dotación superficial e Índice de Consumo industrial para barrios y distritos en Madrid.

Distrito y Barrio Nº en el plano		Consumo ind. m <sup>3</sup> /año	Indust. l./hab. día	Dotación ind. l./seg. y Ha.	Dotación superficial l./seg. y Ha.	Índice de C. ind.
Falacio	11	1.082	33	92	0,23	27
Embajadores	12	833	22	36	0,25	18
Cortes	13	1.124	43	192	0,60	39
Justicia	14	911	30	99	0,47	26
Universidad	15	1.173	33	69	0,35	27
Soi	16	1.990	61	498	1,42	72
Distrito Centro	1	7.116	36	101	0,43	61
Imperial	21	2.618	71	350	0,87	70
Acacias	22	1.441	52	186	0,42	44
Chopera	23	2.634	63	283	1,45	66
Legazpi	24	1.465	76	1.822	0,31	56
Delicias	25	1.581	61	215	0,49	51
Moquer	26	1.612	48	151	0,82	43
Distrito Arganzuela	2	11.354	61	262	0,62	103
Pacifico	31	740	20	57	0,18	17
Adelfas	32	674	38	197	0,23	33
Estrella	33	537	35	72	0,16	24
Ibiza	34	250	10	22	0,16	8
Jerónimos	35	399	23	115	0,06	19
Ñiño Jesús	36	142	9	26	0,07	6
Distrito Retiro	3	2.744	21	63	0,13	28
Recoletos	41	1.373	35	178	0,50	35
Goya	42	1.098	24	72	0,44	23
Fuente del Berro	43	320	17	35	0,11	12
Guindalera	44	932	21	50	0,18	18
Listá	45	560	20	58	0,33	17
Castellana	46	1.161	20	128	0,48	29
Distrito Salamanca	4	5.447	25	179	0,32	45
El Viso	51	1.084	23	151	0,20	26
Prosperidad	52	467	17	35	0,14	13
Ciudad Jardín	53	385	23	50	0,14	16
Hispanoamérica	54	1.279	26	100	0,24	25
Nueva España	55	1.486	30	160	0,26	31
Castilla	56	1.028	28	176	0,15	28
Distrito Chamartín	5	5.711	26	103	0,19	47
Bellas Vistas	61	273	12	26	0,12	9
Centro Caminos	62	1.472	32	89	0,39	29
Castillejos	63	1.436	29	177	0,64	33
Almenara	64	458	26	50	0,14	18
Valdeacederas	65	74	14	8	0,02	7
Berruete	66	140	14	15	0,07	8
Distrito Tetuán	6	3.864	26	61	0,22	36

Gastambide	71	400	12	35	0.25	11
Arapiles	72	797	26	55	0.45	22
Trafalgar	73	506	20	41	0.26	15
Almagro	74	881	35	96	0.29	23
Rios Rosas	75	790	22	61	0.25	19
Valanernomo	76	772	20	66	0.23	18
Districto Chamberi	77	4.148	21	58	0.28	35
El Pardo	78	900	10	34	0.00	7
Fuentealreina	82	105	20	92	0.03	15
Pilar	83	431	17	30	0.03	12
Valverde	84	541	14	23	0.03	11
El Goloso	85	1.158	32	92	0.04	26
Mirasierra	86	496	38	183	0.00	31
Districto Puencarral	87	384	24	117	0.01	19
Casa de Campo	88	3.207	22	54	0.00	30
Arquelles	92	247	10	38	0.00	8
Ciudad Universitaria	93	1.547	35	128	0.65	34
Valdezarza	94	854	10	137	0.02	16
Valdumartin	95	157	8	13	0.03	5
El Planito	96	37	14	239	0.00	19
Aravaca	97	64	16	110	0.00	13
Districto Monclon	101	405	28	163	0.02	24
Puerta del Angel	102	1.313	17	82	0.02	29
Lucero	103	345	12	8	0.01	5
Aluche	104	186	10	16	0.07	8
Campaneto	105	593	13	12	0.03	6
Cuatro Vientos	106	365	26	18	0.06	10
Aguilas	107	87	35	50	0.01	17
Districto Latina	110	216	6	90	0.00	22
Comillas	111	1.855	12	9	0.01	4
Opahel	112	516	27	17	0.02	16
San Isidro	113	324	43	43	0.24	19
Vista Alegre	114	451	19	23	0.09	12
Puerta Bonita	115	461	20	24	0.07	14
Buenavista	116	178	14	12	0.11	11
Abrantes	117	210	12	22	0.03	5
Districto Carabanchel	121	173	14	15	0.01	8
Moscardó	122	2.315	15	24	0.03	20
Pradolongo	123	473	26	39	0.16	18
Orcasitas	124	73	6	13	0.03	4
San Andrés	125	841	59	121	0.06	40
Los Angeles	126	3.751	63	224	0.18	62
Carolinias	127	1.988	40	111	0.24	36
Almendrales	128	740	74	1.850	0.29	134
Usara	128	439	30	52	0.15	20
		82	11	14	0.02	6

Distrito Villaverde	12	8.390	45	114	0.15	70
Santa Catalina	13	352	16	119	0.01	10
San Fermín	132	687	42	113	0.09	30
Los Riales	133	720	45	72	0.13	30
San Cristóbal	134	329	26	39	0.09	17
Butarque	135	758	73	387	0.04	59
Villade Vallecas	136	608	21	37	0.00	15
Distrito Mediosía	137	3.457	33	57	0.01	36
San Diego	141	326	13	15	0.07	8
Picazo	142	147	11	13	0.02	7
Portazgo	143	328	27	29	0.02	16
Numancia	144	177	12	13	0.04	7
Olivar	145	119	13	14	0.06	8
Palomeras	146	140	8	18	0.03	5
Distrito Vallecas	147	1.050	12	14	0.03	12
Pavones	151	52	6	8	0.01	33
Vicálvaro	152	1.261	46	81	0.00	68
Horcajo	153	8	98	384	0.01	4
Vinateros	154	90	7	7	0.04	4
Martoreña	155	317	21	34	0.07	14
Media Legua	156	112	9	20	0.03	6
Fontarrón	157	105	9	20	0.03	6
Distrito Moratalaz	158	1.949	21	35	0.01	22
Ventas	161	284	8	12	0.02	6
Pueblo Nuevo	162	381	12	15	0.03	8
Quintana	163	226	13	19	0.10	9
Concepción	164	223	12	21	0.07	8
San Pascual	165	751	40	125	0.21	31
San Juan Bautista	166	420	37	159	0.13	29
Colina	167	167	20	74	0.08	15
Alcalaya	168	41	17	111	0.05	14
Costillares	169	191	19	42	0.04	12
Distrito C. Lineal	170	2.690	17	31	0.07	24
Simancas	171	2.340	69	201	0.35	58
Heliph	172	69	10	10	0.03	6
Amposta	173	91	11	12	0.07	7
Arcoz	174	58	4	8	0.01	3
Rejas	175	1.392	80	534	0.03	73
Canillejas	176	1.311	47	97	0.11	35
Salvador	177	813	76	288	0.13	57
Distrito San Blas	178	5.315	51	138	0.08	61
Plovera	181	318	32	122	0.03	37
Palomares	182	697	74	1.117	0.14	97
Barajas	183	3.679	68	437	0.02	74
Valdefuentes	184	234	45	50	0.00	26
Apostol Santiago	185	48	6	8	0.01	3
Pinar del Rey	186	399	13	22	0.05	9
Canillas	187	214	10	15	0.02	7
Distrito Hortaleza	188	5.593	40	108	0.02	53
TOTAL MADRID		80.185	28	68	0.04	

Fuente: Canal de Isabel II. Programa Sectores del Canal. (Facturado).  
 Resum. Ayuntamiento de Madrid. Resumen Estadístico 1.975.  
 Elaboración propia.

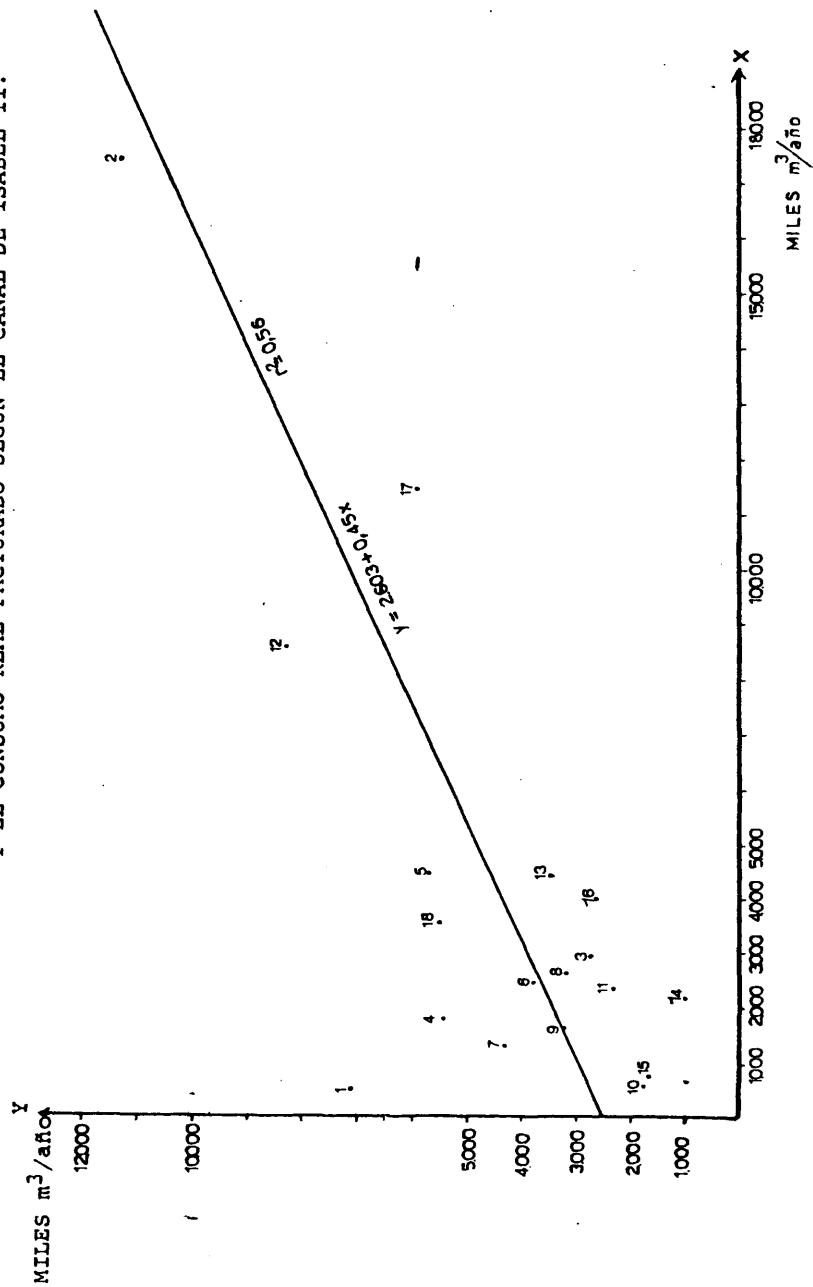
CUADRO 2

RELACION ENTRE EL CONSUMO HIPOTETICO DE AGUA INDUSTRIAL SEGUN EL NUMERO DE OBREROS EN EMPRESAS DE MAS DE 25 TRABAJADORES CON DATOS FACILITADOS POR RICARDO MENDEZ Y DATOS DE CONSUMO REAL SEGUN EL CANAL DE ISABEL II EN LOS DISTRITOS DE MADRID

DISTRITOS	Consumo hipotético según núm. de obreros X miles m <sup>3</sup> /año	Consumo real facturado Y miles m <sup>3</sup> /año	Y'	RESIDUALES	
				Absolutos	Estándar
				Y - Y'	$\frac{Y - Y'}{S_y}$
1. Centro .....	484	7.116	2.822	4.294	1,64
2. Arganzuela .....	17.362	11.354	10.447	907	0,34
3. Retiro .....	2.464	2.744	3.716	- 972	-0,37
4. Salamanca .....	1.759	5.447	3.398	2.049	0,78
5. Chamartín .....	4.689	5.711	4.721	990	0,38
6. Tetuán .....	2.411	3.864	3.692	172	-0,06
7. Chamberí .....	1.214	4.148	3.151	997	0,38
8. Fuencarral .....	2.693	3.207	3.820	- 613	-0,23
9. Moncloa .....	1.569	3.313	3.312	1	0,00
10. Latina .....	636	1.855	2.890	-1.035	-0,39
11. Carabanchel .....	2.489	2.315	3.727	-1.412	-0,54
12. Villaverde .....	8.648	8.390	6.510	1.880	0,72
13. Mediodía .....	4.323	3.457	4.556	-1.100	-0,42
14. Vallecas .....	2.137	1.050	3.568	-2.517	-0,96
15. Moratalaz .....	1.838	1.949	3.433	-1.484	-0,56
16. Ciudad Lineal .....	4.043	2.690	4.429	-1.739	-0,66
17. San Blas .....	11.467	9.975	7.784	-1.809	-0,69
18. Hortaleza .....	3.518	5.593	4.192	1.401	0,53
TOTAL MADRID ...	73.251	80.185	—	—	—
Desviación típica de Y (S <sub>y</sub> ) ...	—	2.610,9	—	—	—

FUENTES: R. MÉNDEZ GUTIÉRREZ DEL VALLE, *La industria de Madrid*, op. cit.  
 CANAL DE ISABEL II, *Programa Tesis*,  
 SERVICIO DE ESTUDIOS DEL BANCO URQUIJO, *El agua recurso natural escaso. Plan-  
 teamiento comarcal del problema en Cataluña*, Edit. Moneda y Crédito, Ma-  
 drid, 1968, págs. 257 y ss.

GRAFICO 1 RELACION ENTRE EL CONSUMO HIPOTETICO SEGUN EL N° DE OBREROS  
Y EL CONSUMO REAL FACTURADO SEGUN EL CANAL DE ISABEL II.

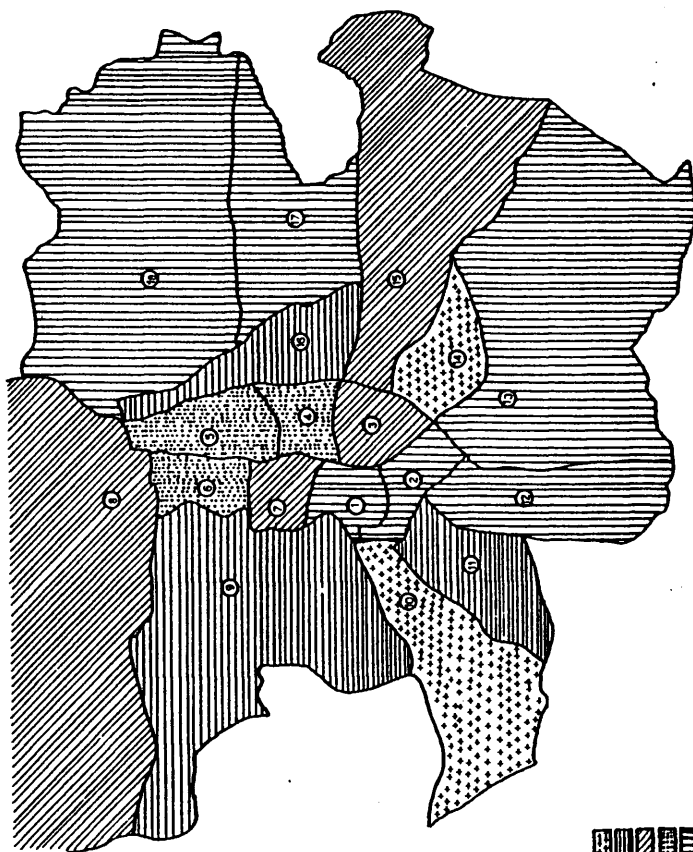


CONSUMO INDUSTRIAL

DISTRITOS	Hm <sup>3</sup>	Porcentaje sobre el total	Consumo total Hm <sup>3</sup>
1. Centro ... ..	7,1	36	19,4
2. Arganzuela ... ..	11,3	61	18,3
3. Retiro ... ..	2,4	21	12,5
4. Salamanca ... ..	5,4	25	20,9
5. Chamartín ... ..	5,7	26	21,7
6. Tetuán ... ..	3,8	25	14,8
7. Chamberí ... ..	4,1	22	19,3
8. Fuencarral ... ..	3,2	22	14,0
9. Moncloa ... ..	3,3	17	19,0
10. Latina ... ..	1,8	12	14,7
11. Carabanchel ... ..	2,3	15	14,7
12. Villaverde ... ..	8,3	45	18,6
13. Mediodía ... ..	3,4	32	10,4
14. Vallecas ... ..	1,0	12	8,1
15. Moratalaz ... ..	1,9	21	8,9
16. Ciudad Lineal ... ..	2,6	17	15,4
17. San Blas ... ..	5,9	50	11,7
18. Hortaleza ... ..	5,5	40	13,7
<b>TOTAL FACTURADO</b> ... ..	<b>80,1</b>	<b>28,7</b>	<b>276,1</b>
No facturada aprox. ... ..	—	—	76,8
<b>Total Término Municipal de Madrid.</b> ... ..	<b>—</b>	<b>22,4</b>	<b>352,9</b>

Fuentes: Elaboración propia. Canal de Isabel II. Código tesis.

PORCENTAJES DE AGUA INDUSTRIAL EN MADRID POR DISTRITOS.



<15%  
 15-20%  
 20-25%  
 25-30%  
 >30%

El coeficiente, ciertamente, no es óptimo pero si resulta bastante indicativo. Analizando el cuadro 2 se pueden obtener las siguientes conclusiones: el distrito centro, 1, tiene valores residuales muy fuertes, porque es consumo industrial de agua, que en el caso de los datos obtenidos gracias a Méndez al no estar contemplado el comercio no aparece reflejado ningún aspecto industrial, mientras que en los datos del Canal, que factura como industrial el valor del agua abastecida al comercio, si aparecería como distrito industrial. Por tanto, la diferencia de valores hace aumentar los residuales a los que me he referido aplicando la recta de regresión. Igual sucede en el distrito de Salamanca entre las columnas "x" e "y", y en los de Chamberí, Latina y Moncloa donde el comercio es importante. En el distrito industrial de Arganzuela, (antes del P.A.I. Plan de acción inmediata), existe una gran diferencia entre las columnas "x" e "y"; la explicación más razonable, es que la zona está ocupada por gran número de fábricas que teóricamente tienen unos módulos de consumo de agua por obrero elevado, y como existe un considerable número de obreros, ya que es una zona industrial tradicional, el consumo hipotético "x" es muy superior al facturado por el Canal. Sin embargo, los residuales son muy bajos, y esto es indicativo de que en este distrito la recta de regresión suaviza las diferencias entre las dos primeras columnas.

Los residuales fortísimos del distrito de Villaverde son erróneos, provocados por la recta de regresión que explica menos del 75% de los casos y es debido a que en las columnas primitivas "x" e "y" no existen grandes diferencias, como sucede en Moratalaz, Mediodía y Carabanchel.

En Ciudad Lineal y San Blas, los valores reales están claramente por debajo de los hipotéticos, tienen los dos áreas industriales muy desarrolladas, y este hecho, que reflejan los datos debe ser real, y el consumo habrá de ser posiblemente mayor en los dos distritos a los valores que reflejan los valo-



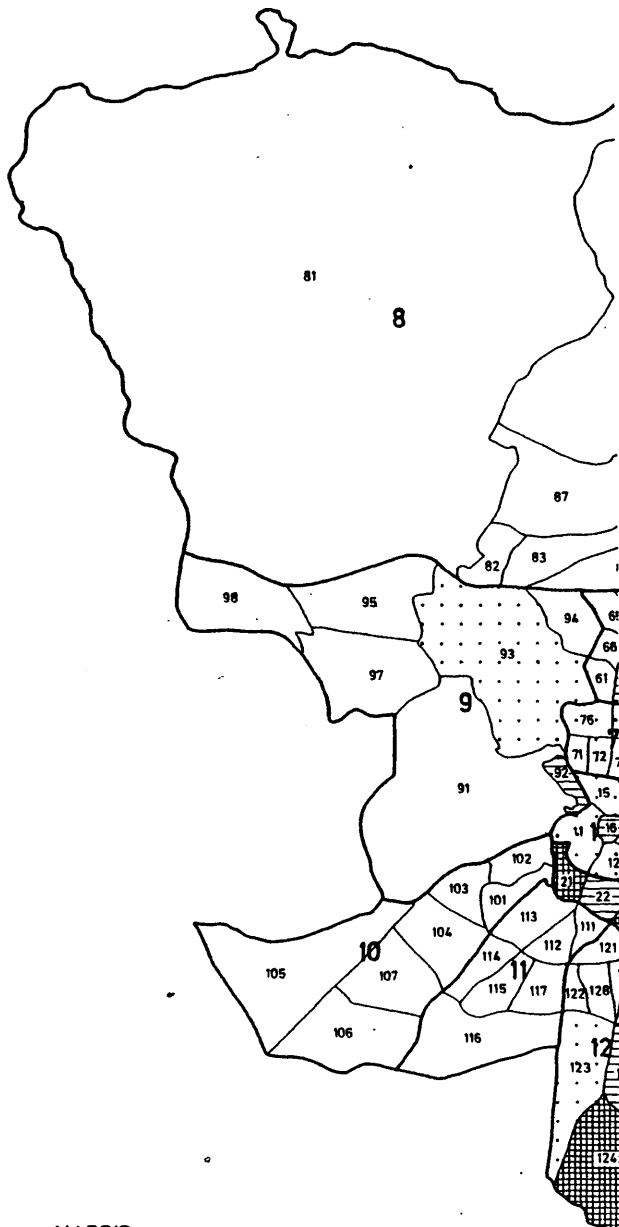
res de consumo facturado real. El caso contrario es Horta-  
leza que refleja un consumo hipotético muy bajo, mientras -  
que el real es casi el doble, pero los datos de Méndez son  
sólo de trabajadores por industrias y no dejan ver un he-  
cho que en este barrio es fundamental; el aeropuerto in-  
ternacional Madrid-Barajas, aunque si quede reflejado un e-  
levado consumo industrial de las zonas anejas. Las conclu-  
siones que he elaborado me parecen bastante razonables, a  
pesar de que el consumo hipotético es una deducción en fun-  
ción de los datos de Méndez y por otra parte, hay que pen-  
sar que los datos que aquí se reflejan son los de consumo  
facturado; es decir, las cantidades de agua que se consumen  
y son cobradas por el Canal, que suelen ser el 70% sobre el  
total abastecido, según las Memorias (2). Este valor es me-  
dia del período 1.939-1.977.

Con todo, cualquiera que conozca Madrid y sus zonas in-  
dustriales tiene una confirmación exacta de la realidad. A-  
demás, para afinar más en la percepción del hecho industrial  
he expresado diversos índices de consumo de agua, como el  
valor porcentual respecto al consumo total del barrio o dis-  
trito, la dotación industrial por habitante y día y la dota-  
ción superficial por hectárea.

Una vez calculados los datos del consumo <sup>56-1-1</sup> teórico de  
agua industrial he realizado un conjunto de mapas con los da-  
tos del cuadro 1, para ver la distribución de las variables  
consumo industrial, dotación industrial, y valor porcentual  
de agua industrial sobre el total de agua abastecida por el  
Canal de Isabel II. La clasificación del primer mapa (mapa 5)  
que es el de consumo industrial en metros cúbicos por año,  
está realizada como en casos anteriores en función de la me-  
dia "x" y la desviación estandar "s", para ver como a mayor  
alejamiento positivo de la media de cualquier barrio le corres-  
ponde un mayor consumo industrial; de manera, que comparando  
con la realidad madrileña de un modo superficial el acierto

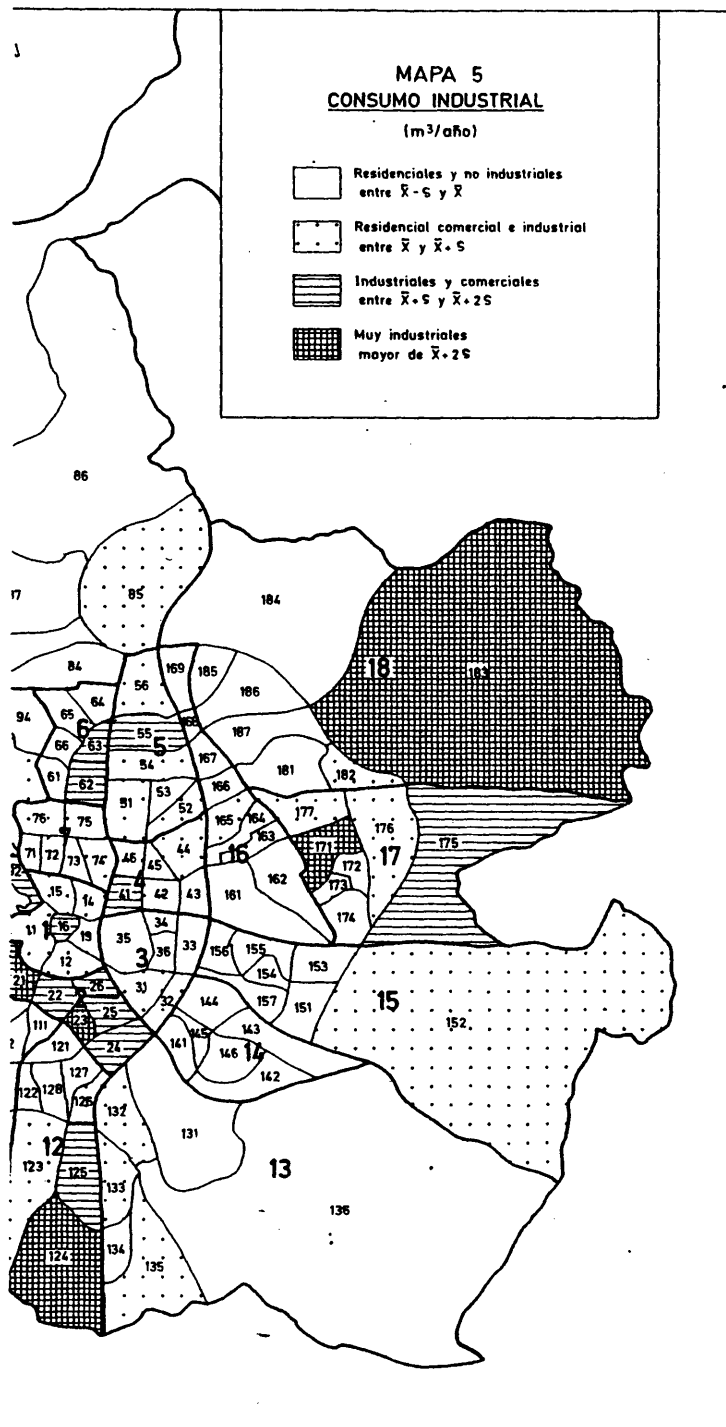
771'

~~771~~ bis



MADRID  
Escala  $\approx 1:100.000$

771<sup>2</sup>



es general: existe un conjunto de barrios que no tienen industrias ni comercios y están señalados en blanco; sus valores están entre la media menos una desviación típica y la media, son los que consumen menos de 671.371 metros cúbicos/año. La distribución espacial de estos barrios tal como se puede apreciar en el mapa es muy diversa, son barrios residenciales sin distinción de clases, porque aparecen tanto en el norte madrileño como en el sur, por ejemplo, los del distrito Retiro 3, menos los barrios de Pacífico y Adelfas, que están sobre la avenida Ciudad de Barcelona y sobre la M-30, además de estar localizada en ellos la parte sur de la calle Doctor Esquerdo, y que ambos poseen zonas, unas de comercio otras en las que hay industrias y construcción de viviendas, el resto del distrito es eminentemente residencial y de cierta categoría social que como el barrio de Jerónimos, Ibiza, Estrella y Niño Jesús, tienen mayor componente mesocrático y de clases medias de inferior categoría. El resultado es que el único consumo industrial existente es fundamentalmente el del comercio y alguna pequeña industria localizada en las áreas citadas anteriormente. Méndez en este distrito da un número de trabajadores en empresa de más de 25 obreros muy escaso sólo de 2.400. En el distrito 4 Salamanca aparece un consumo que se podría asociar al sector comercial, y sólo estaría fuera de este epígrafe el barrio residencial de Fuente del Berro 43. Igual sucede en el distrito Tetuan 6, donde los barrios alejados de la vía comercial del Generalísimo y aledaños se convierten en barrios residenciales, pero esta vez, las categorías sociales de los habitantes están en un grupo menor de clases medias bajas y obreros cualificados, al mismo tiempo que falta en esta zona el consumo abastecido por la Hidráulica.

El distrito 8 consume poco en usos industriales únicamente el eje norte de Valverde y el antiguo pueblo de Fuencarral, donde hay algunas zonas industriales, pero es más, en algunos lugares dentro del distrito, aunque el consumo abastecido por

el Canal de Isabel II para usos industriales sea elevado, existen otras fuentes de aprovisionamiento, como pozos y la hidráulica Santillana especialmente en los polígonos de la carretera de Francia. De alguna forma, todo el oeste madrileño, de norte a sur, es fundamentalmente residencial, incluso traspasando los límites del término municipal de la capital. Los distritos 8, 9, 10 y 11 son, en sus áreas limítrofes oeste, totalmente residenciales, especialmente los distritos 10 y 11. Dentro de este epígrafe están también Entrevías, pueblo de Vallecas, todo el distrito de Vallecas 14, así como Moratalaz 15, a excepción del antiguo pueblo de Vicálvaro que, gracias al ferrocarril y algunas industrias clásicas de yesos, tiene una enorme pujanza industrial que refleja el consumo de agua, aunque no en la misma medida que se puede apreciar en la realidad, ya que las fuentes de aprovisionamiento en algunos casos tienen distinta procedencia que la del resto de la ciudad. De alguna forma hay una gran diferencia entre algunos barrios, especialmente entre los del oeste y los del sur. Los distritos 16, 17 y 18 tienen dos realidades una es la de la M-30 y Ciudad Lineal que es evidentemente residencial, mientras que la Avenida de América, de Aragón, y carretera de Barajas es eminentemente industrial, así Ventas, Pueblo Nuevo, el Gran San Blas, la zona de Ciudad Lineal con Arturo Soria y barrios de Hortaleza y Canillas tienen un aspecto residencial inconfundible, donde la división social es importante, en gran medida, pues junto a barrios residenciales obreros de colonias como las Sindicales, están Pinar del Rey o Arturo Soria de categoría social elevadísima o el mismo barrio de la Piovera, estas últimas zonas son de grandes bloques de alto nivel de vida o viviendas unifamiliares.

El segundo epígrafe es el de barrios residenciales, comerciales e industriales, el consumo oscila entre 671.371 y 1.356.844 m<sup>3</sup>/año. Son barrios en los que puede predominar algunos de los tres aspectos del encabezamiento pero con poca primacía respecto a los otros. Su distribución espacial

es heterogénea. En el distrito 1, son todos los barrios que están alrededor de Sol, eminentemente comerciales, ya que el número de trabajadores por industria de más de 25 empleados es mínimo. También dentro de los aspectos comerciales estarían los barrios cercanos a Goya, Castellana y Arapiles. Aparece también la Ciudad Universitaria que bien puede ser un error, o bien el predominio del sector de la construcción consumidora de agua industrial y que no acierto a ver, en último extremo que se considera agua industrial<sup>a</sup> la suministrada a los Colegios Mayores, porque además ocupa un lugar cercano a Puerta de Hierro de gran consumo residencial, hecho que indica error de adjudicación de agua industrial a un área residencial. La explicación más factible puede ser que debido a su gran extensión superficial haya salido un epígrafe que no le correspondería si se hiciese una delimitación por dotación específica superficial, en cuyo caso es uno de los barrios de menor consumo de Madrid en agua industrial con sólo 10 litros/segundo y Hectárea.

En este epígrafe aparecen algunos barrios del eje industrial del este, es decir, de la autopista de Barcelona como Salvador 177, Palomas 182, San Pascual 165, Canillejas 176 y Vicálvaro 152, son zonas industriales con poco comercio y áreas residenciales. El caso de Vicálvaro es muy especial pues participa de los tres aspectos del epígrafe porque es un barrio residencial con un comercio en función de la población residente y una industria poderosa. Por último el barrio de Valverde 85, es de características similares a Vicálvaro ya que ambos son antiguos municipios anexionados a Madrid. En el eje sur hay algunos barrios que son también residenciales, comerciales, industriales, entorno a la carretera de Andalucía, y son los números 123, 132, 133 y 135.

El epígrafe de industriales y comerciales tiene valores entre la media y una desviación estandar y la media y dos des-

viaciones , es decir, entre 1.356.844 y 2.042.316 m<sup>3</sup>/año. Son barrios en los que las variables predominantes son la industria y el comercio: en éste último aspecto destacan el barrio de Sol 16, Argüelles 92, Recoletos 41, Cuatro Caminos 62, Castillejos 63, así como Nueva España. Los nombres de estos barrios para cualquier conocedor de Madrid evocan áreas comerciales. En este mismo epígrafe aparecen los barrios eminentemente residenciales como Acacias 22, Legazpi 24, Delicias 25, y Moguer 26, en el distrito industrial 2 de Arganzuela. Al sur en el eje de la carretera de Andalucía aparece el barrio de los Angeles, que en una zona marginal, al sur, tiene un gran polígono industrial. El otro barrio industrial de este epígrafe es el de Rejas 175, en la carretera de Barcelona.

Por último los barrios muy industriales, con consumo superiores a la media más dos desviaciones estandar, son todos industriales y en expansión, únicamente y en el distrito 2 Arganzuela, el barrio Imperial 21, con fábricas de cerveza, papeleras y almacenes de carbón, etc., es un barrio industrial en decadencia como señala Casas-Torres (3) en un reciente trabajo, y cuya remodelación será factible por una reconversión que le hará pasar de área industrial a zona de servicios públicos urbanos y a barrio residencial. Al igual sucederá con el 23 Chopera dentro del distrito 2. En el sur el barrio de San Andrés es una zona muy industrializada con polígonos donde aparecen Marconi, cervezas el Aguila, Campsa, fábricas de gaseosa y un sinfín de fábricas menores. En el eje este el barrio más industrial por el consumo de agua es el de Barajas 183, no sólo por el polígono industrial de la Muñoza sino por la cantidad de agua que consume el aeropuerto, tanto en consumo interno como el que se utiliza por los reactores en uno de los procesos de vuelo (4). Por último, el barrio de Simancas 171, tiene una zona industrial de cierta consideración en especial una fábrica de magnetos y aparatos eléctricos de automoviles y talleres e imprentas en la zona de la Avenida de Aragón.

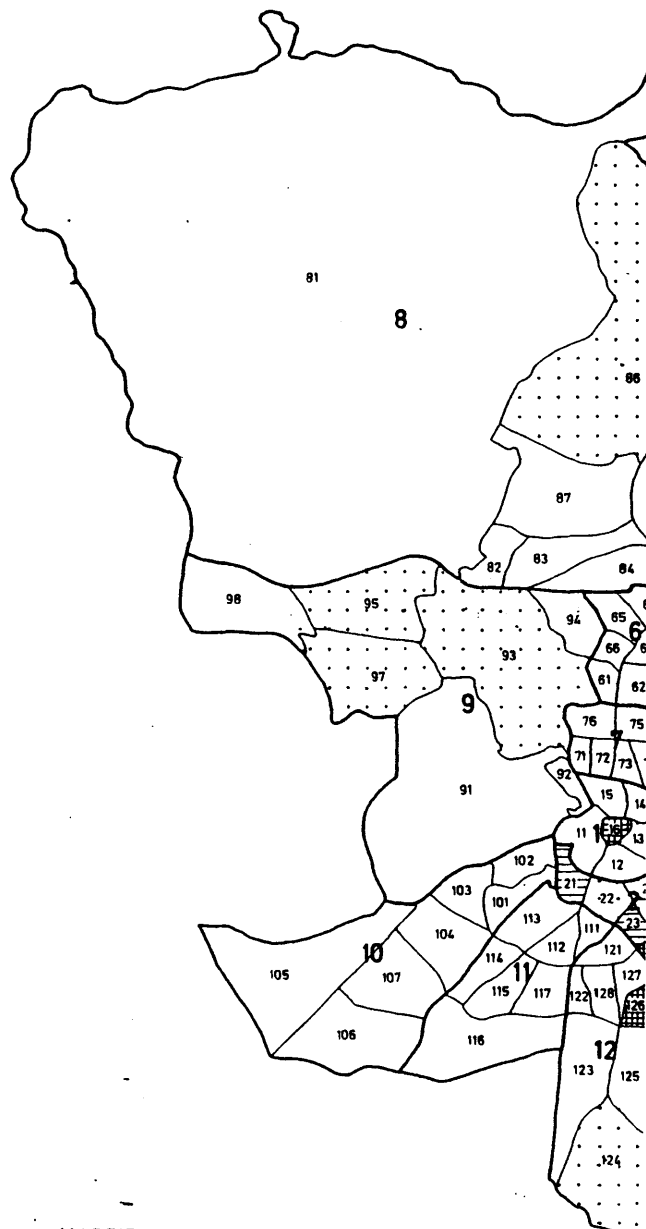
El mismo sistema de clasificación el utilizado para el consumo en metros cúbicos por año lo he retomado para la dotación industrial en litros por habitante y día en cada barrio, de esta forma he llegado a expresar los datos del cuadro 1 en el mapa 6. Sin embargo, el grado de precisión es sin duda menor en la apreciación de la dotación industrial que en la del consumo. Las causas de este hecho están sin duda en el comparar consumos con población residente en un barrio, esto lleva en ocasiones, que la población es muy grande y oculta el carácter industrial de barrios como Vicálvaro que aparece como residencial y no industrial, o hacer aparecer el barrio de San Andrés (Villaverde) en el sígrafe de barrio residencial, comercial, industrial, es decir, de poco industrial. Del mismo modo hace que tengan carácter industrial barrios que no lo son, como Horcajo 173, o la Ciudad Universitari 93, Valdemarín 95 y Aravaca 97. Incluso hace aparecer como industrial algún barrio de residencia unifamiliar como la Piovera 181.

En conjunto, esta aproximación no es útil más que localmente para aquellos barrios que siendo industriales tengan poca población y sirve para completar el mapa anterior y por último para recalcar el papel de aquellos barrios industriales que no son muy importantes por su consumo pero si lo son en función de la dedicación casi exclusiva de su uso, fundamentalmente industrial. Así por ejemplo, recalca la importancia del barrio de Sol 16, con una dotación muy fuerte con usos industriales que quiere decir que el comercio local es factor fundamental por el consumo de agua en este barrio incluso por encima del factor población residente. Igual sucede con Legazpi 24, y con el barrio de Carolinas 126, que en consumo total tenían una importancia menor mientras que en dotación ve destacar el aspecto de zonas eminentemente industriales. Por otro lado, el barrio de Orcasitas 123, en el que está ubicada una importante fábrica de automoviles no aparece como barrio industrial, así como en Los Angeles 125, porque la numerosa población resi-



776'





1744

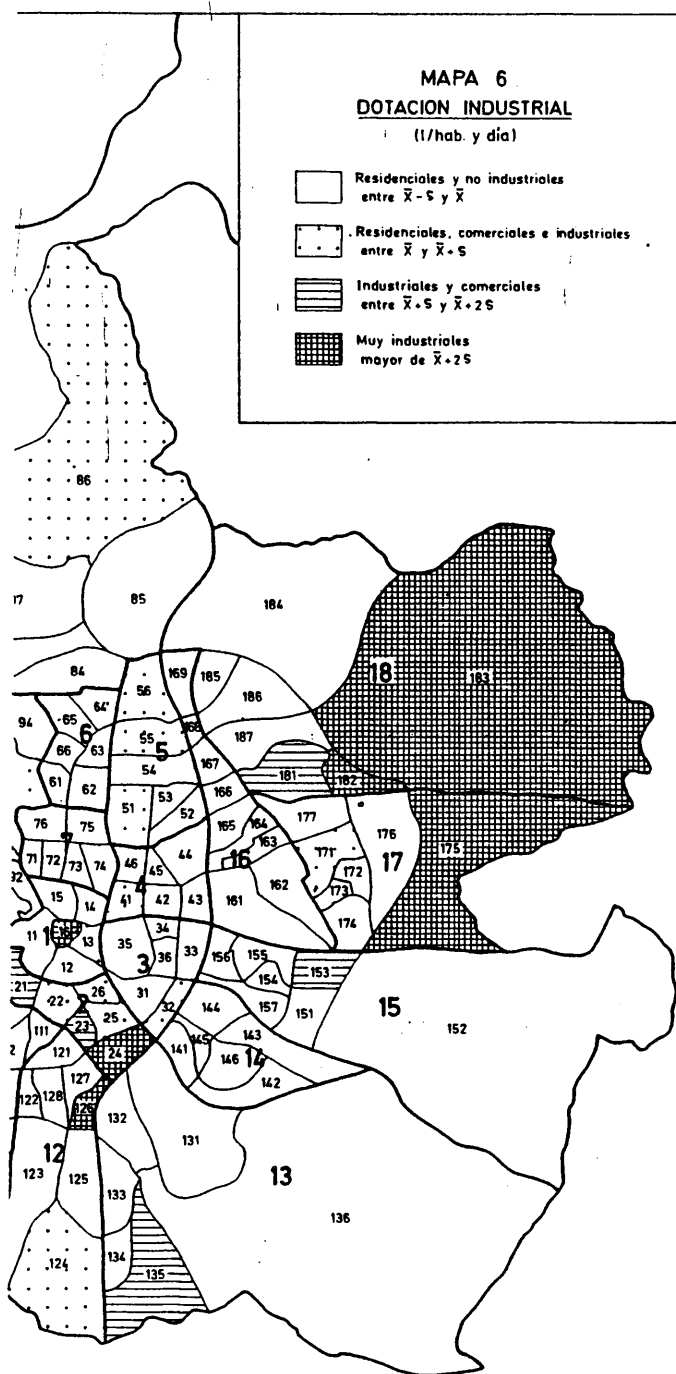


MADRID  
Escala 1:100.000

776<sup>R</sup>

MAPA 6  
DOTACION INDUSTRIAL  
(l/hab. y día)

-  Residenciales y no industriales  
entre  $\bar{X} - S$  y  $\bar{X}$
-  Residenciales, comerciales e industriales  
entre  $\bar{X}$  y  $\bar{X} + S$
-  Industriales y comerciales  
entre  $\bar{X} + S$  y  $\bar{X} + 2S$
-  Muy industriales  
mayor de  $\bar{X} + 2S$



dente hace descender el valor de la dotación industrial.

En el centro, con una dotación industrial baja, el eje de la Castellana, en los barrios Cortes 13, Recoletos 41, El Viso 51, en el que está siendo sustituido el factor residencial por el comercial, en forma de Colegios, sedes industriales, oficinas, bancos, etc., y los barrios de Nueva España 55 y Castilla 56, estos últimos aparecen como industriales por la revitalización que ha provocado en la zona la estación de ferrocarril de Chamartín.

Como caso curioso, es la aparición del barrio del Goloso 86, con dotación industrial de cierta consideración, 186 litros/habitante y día. Supongo que la influencia de la carretera de Colmenar, con los colegios, las urbanizaciones, y las instituciones docentes de la Diputación <sup>que</sup> pueden tener alguna influencia en los aspectos industriales pero no parece que sea acertado clasificar este barrio de industrial. La causa de este hecho está fundamentada en la baja densidad y por tanto los valores de la dotación aparecen elevados. Por otro lado, el polígono de Fuencarral en el barrio 85, no queda reflejado en el mapa de dotación mientras que sí aparecía en el de consumo. Por último el eje Este aparece de forma bastante clara en el mapa de dotación, Barajas, Rejas, Palomas y Simancas son los barrios que tienen dotaciones industriales importantes; los primeros de forma clara y el último menos nítido en función de la población cuya excesiva cantidad vuelve a ser un factor primordial.

Con todo esta aproximación aunque no muy útil permite completar la visión anterior.

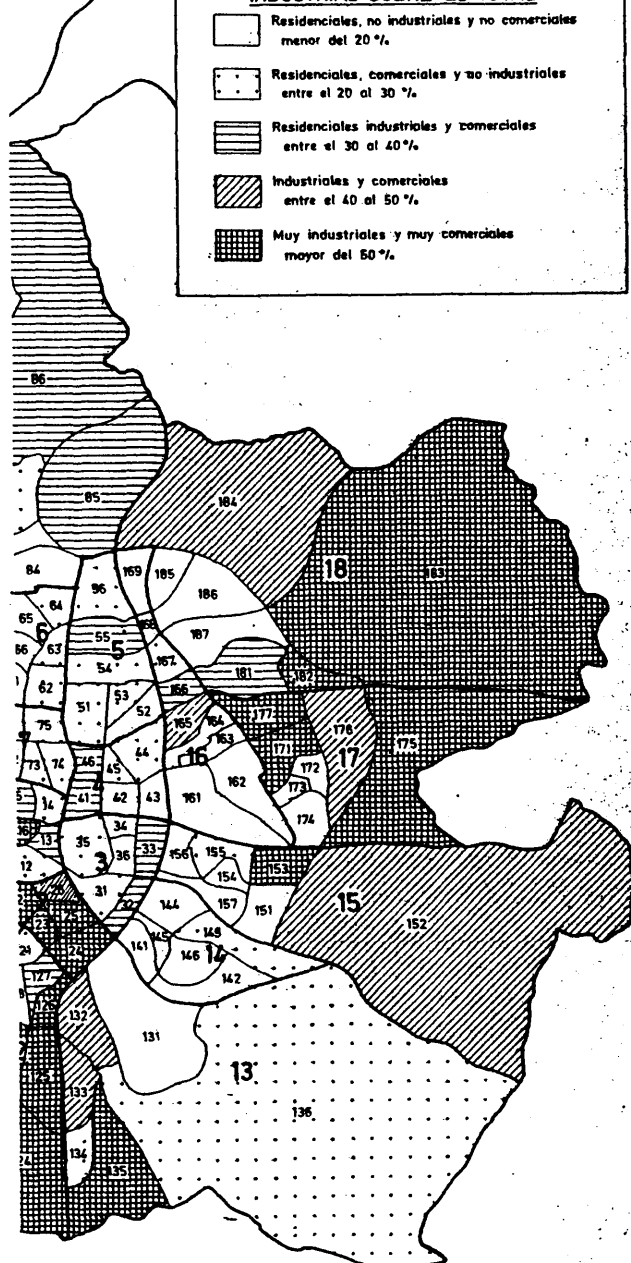
Una aproximación más interesante es la que considera los valores porcentuales de consumo industrial sobre el consumo total. Aquí la clasificación del barrio industrial viene dada por los porcentajes superiores al 30%, aunque del 30 al 40%

la mayor parte de los barrios sean comerciales. Los barrios fundamentalmente industriales son aquellos que en consumo de agua industrial es superior al 50%, salvo Sol que es un barrio muy comercial. Así, se aprecia en el mapa 7 como el eje sur y el eje este son los que realmente marcan la pauta en consumo industrial; todo el distrito 2 y casi todo el distrito 12 así como parte del 13 son los barrios industriales cercanos a la carretera de Andalucía en el eje sur y el agua abastecida tiene una dedicación fundamentalmente industrial. De igual forma sucede en los barrios 165, 166, 181, 182, 183, y casi todo el distrito 17 en el eje este.

En el resto de los distritos existen barrios con cierta industria como por ejemplo los del eje norte, Valverde 85 y El Goloso 86, el primero creo que su consumo es totalmente industrial, mientras que el segundo, con pocas densidades debe predominar el sector construcción. También aparece en este epígrafe con cierta industria el barrio de Cuatro Vientos 106, por la existencia de un aerodromo militar y fábrica o talleres anejos. El segundo epígrafe entre 30 y 40% ocupa barrios comerciales, en su mayoría en áreas centrales, distritos 3, 4, 5 y 9.

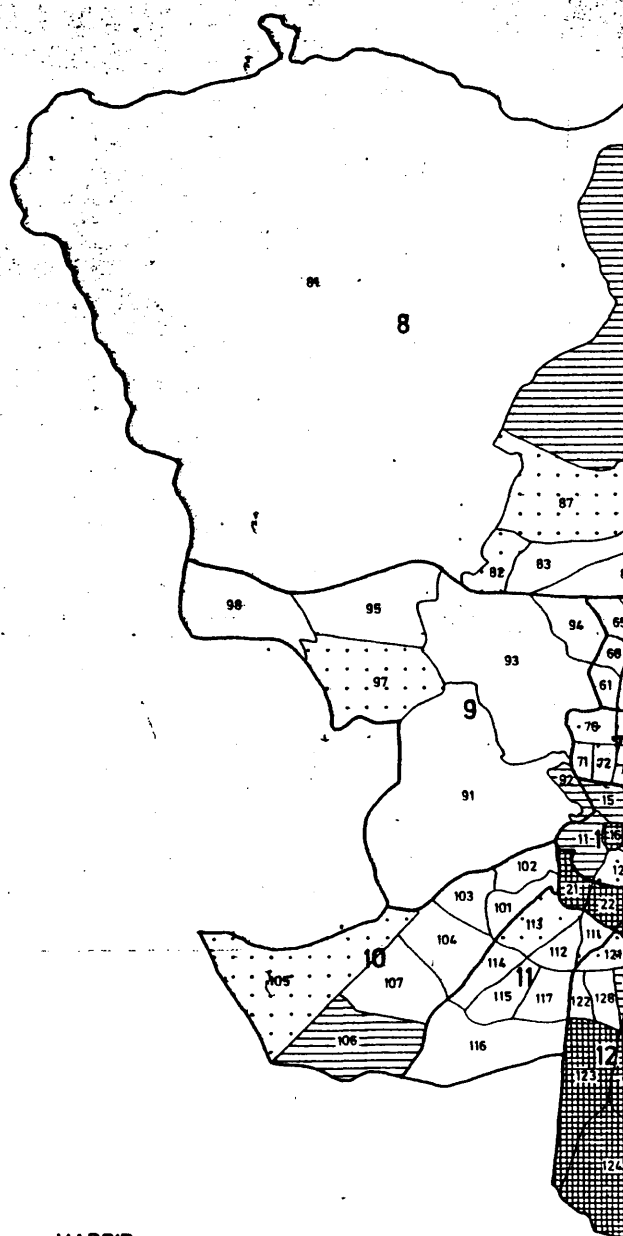
En este mismo grupo aparecen los barrios Vicálvaro 152, y Horcajo 153, el primero es un barrio industrial de gran importancia, oculta en este caso por ser también un barrio de extrarradio muy poblado y en el que la población se ha disparado desde los años 1965-70, el segundo es un error debido a la baja densidad que tiene. El eje este está formado por los barrios que partiendo de la M-30 bordean la carretera de Barajas, destacando como industriales y comerciales San Juan Bautista y San Pascual con mucha construcción y alguna industria; piensos, discos, etc. El barrio 181, La Piovera que aparece como industrial es una zona residencial en la que la industria escasea pero las densidades son muy bajas, por lo que el peso de la construcción y algunas industrias

728'



778°

778 63



de cine, discos, y oficinas le hacen aparecer como industrial. Dentro del eje este aparecen como muy industriales; los barrios Palomas 182, y Barajas 183, además de casi todo el distrito municipal 17, a excepción de los barrios situados más al sur, zona que se denomina Gran San Blas, y que están alejados de la autopista de Barajas y la Avenida de Aragón.

Con los datos de consumo, dotación y valor porcentual de agua industrial sobre el total, he elaborado un sencillo índice de consumo de agua industrial de aplicación para Madrid y con fines comparativos o de clasificación, con él realizo una delimitación en barrios industriales y comerciales:

$$IC = \frac{\frac{CI}{100.000} + \frac{CI}{CT} \cdot 100 + \frac{DI}{10} + DS \cdot 10}{2}$$

siendo:

IC = índice de consumo industrial

CI = consumo industrial del barrio o distrito en m<sup>3</sup>/año

CT = consumo total del barrio o distrito en m<sup>3</sup>/año

DI = dotación específica industrial en l/Hab. y día

DS = dotación superficial industrial en l/Seg. y Ha.

Nos evitamos, de este modo, con unas sencillas operaciones, los problemas que se pueden derivar de un error temporal en los datos, ya que emplear únicamente por separado cualquiera de los valores que aquí se utilizan puede llevar a incluir como barrios industriales a Valdemarín, El Plantío o la Ciudad Universitaria, como sucede en el mapa de dotaciones, y viene a establecer una jerarquía de conjunto y a completar el mapa básico que es el de consumo industrial en metros cúbicos/año.

El único problema que ha planteado es el caso del barrio de Horcajo, que consume agua en una cantidad irrisoria y que, por otro lado, su población está ubicada en un

núcleo de chabolas, dedicada a la "busca", apareciendo como muy industrial.

El resultado del índice se aprecia en el mapa de barrios industriales, mapa 8, según el índice de consumo de agua, cuadro 1 última columna. Madrid aparece dividido en 6 zonas; residencial la primera de ellas, es decir, aquellos barrios cuya actividad es fundamentalmente residencial, o bien son barrios dormitorio, o su industria y comercio es escasa siendo su consumo de agua industrial el del equipamiento básico de una zona urbana. Espacialmente este epígrafe abarca la mayor parte de los distritos madrileños.

El segundo grupo son los barrios que mostrándose fundamentalmente como residenciales tienen un componente, o bien comercial, o bien industrial con cierta importancia; entre los primeros estarían Aravaca, La Estrella, y los centros comerciales secundarios de Goya y Arapiles. Almagro está más en el eje de las finanzas formado por la Castellana y Generalísimo (5). Entre los que aparece la componente industrial, está el de Cuatro Vientos, con alguna fábrica de construcción militar y el de Almendrales cercano al eje industrial del sur.

El tercer epígrafe lo forman los barrios comerciales (6) situados en el centro madrileño, con dos núcleos, el centro en torno a Sol, corazón comercial de Madrid y que está incluido en el epígrafe de muy comercial, (7), que agrupa a Palacio, Cortes, Justicia y Universidad, con un apéndice en el centro secundario de Arguelles 92, y el segundo en ambos márgenes de la Castellana y Avenida del Generalísimo, formado por los barrios de Recoletos, Castellana, El Viso, Hispanoamericana, Nueva España y Castilla, en la margen derecha y Cuatro Caminos y Castillejos en la izquierda, con un área comercial secundaria en Bravo Murillo y Glorieta de Cuatro Caminos.

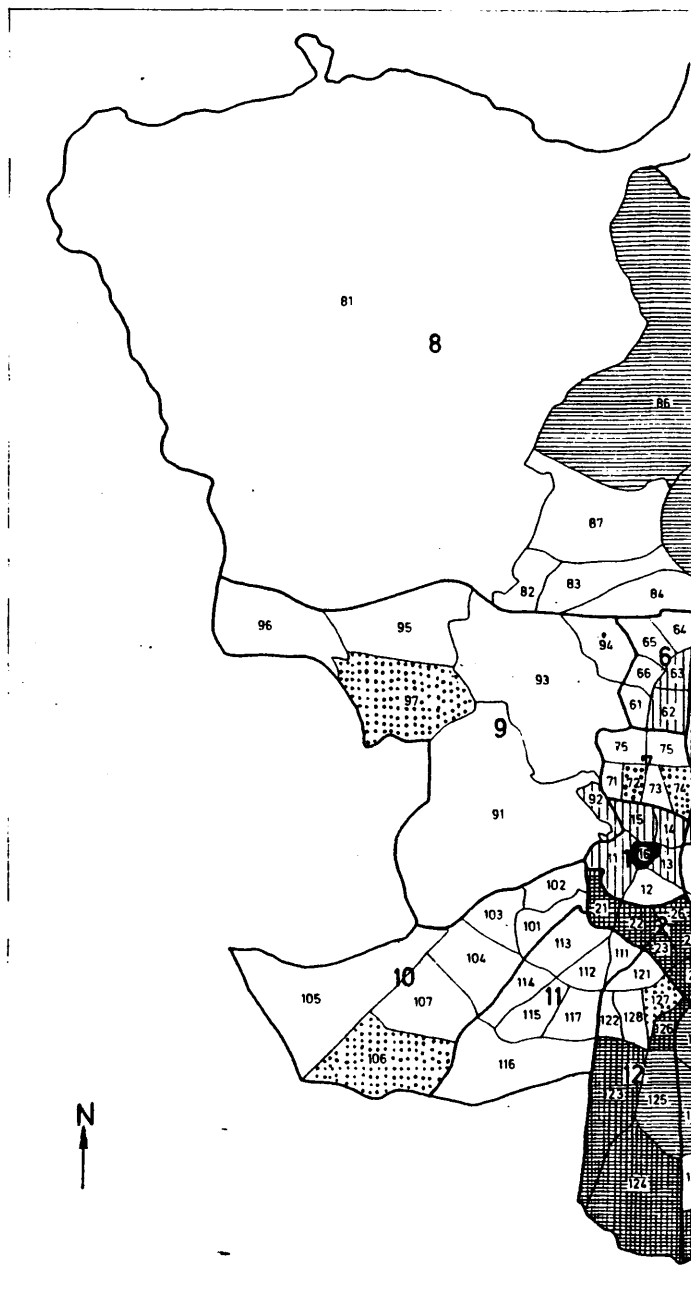


Los barrios industriales propiamente dichos tienen una localización muy especial en torno a las vías de comunicación. El eje más importante es el centro-sur; el distrito de Arganzuela que es nudo de comunicaciones ferroviarias, y los barrios industriales situados entre las carreteras de Toledo y Andalucía, dentro de los distritos de Villaverde y Mediodía y que se prolongan a los municipios limítrofes con Madrid hacia el sur.







El segundo eje industrial en importancia es el del este que enlaza con el corredor industrial del río Henares remontando la carretera de Barcelona y la autopista de Barajas, con una prolongación hacia el sur en Vicálvaro, el único error que aparece aquí está, otra vez, en el barrio de la Piovera, que es una zona de residencia media-alta, con viviendas de tipo unifamiliar y de baja densidad, pero que por este hecho los valores de la industria convencional y del sector construcción que existen hacen incluso subir el índice, apareciendo como industrial un barrio residencial. El resto de los barrios de este eje están bastante adecuados a la realidad industrial, si no de forma cuantitativa, ya que no se trata de grandes polígonos industriales, sí de manera cualitativa pues nos encontramos ante las sedes industriales de un gran número de compañías multinacionales de sectores punta, máquinas computadoras, discos, aceros especiales, construcciones, bebidas, metalúrgicas, etc., y con un aeropuerto; Madrid-Barajas, que por sí sólo consume un gran volumen de agua, al margen del polígono industrial anejo. Se trata de los barrios de San Pascual y San Juan Bautista, donde la construcción de edificios de grandes firmas industriales se desarrolla de forma acelerada en torno a la autopista de Barajas; los barrios de Simancas y el Salvador, con industrias cercanas a la calle Hermanos García Noblejas y adyacentes; los barrios de Palomas y Barajas mencionados antes; Capillejas y Rejas con los polígonos de Enasa, SKF y otros; y más al sur el barrio de Vicálvaro, antiguo mu-

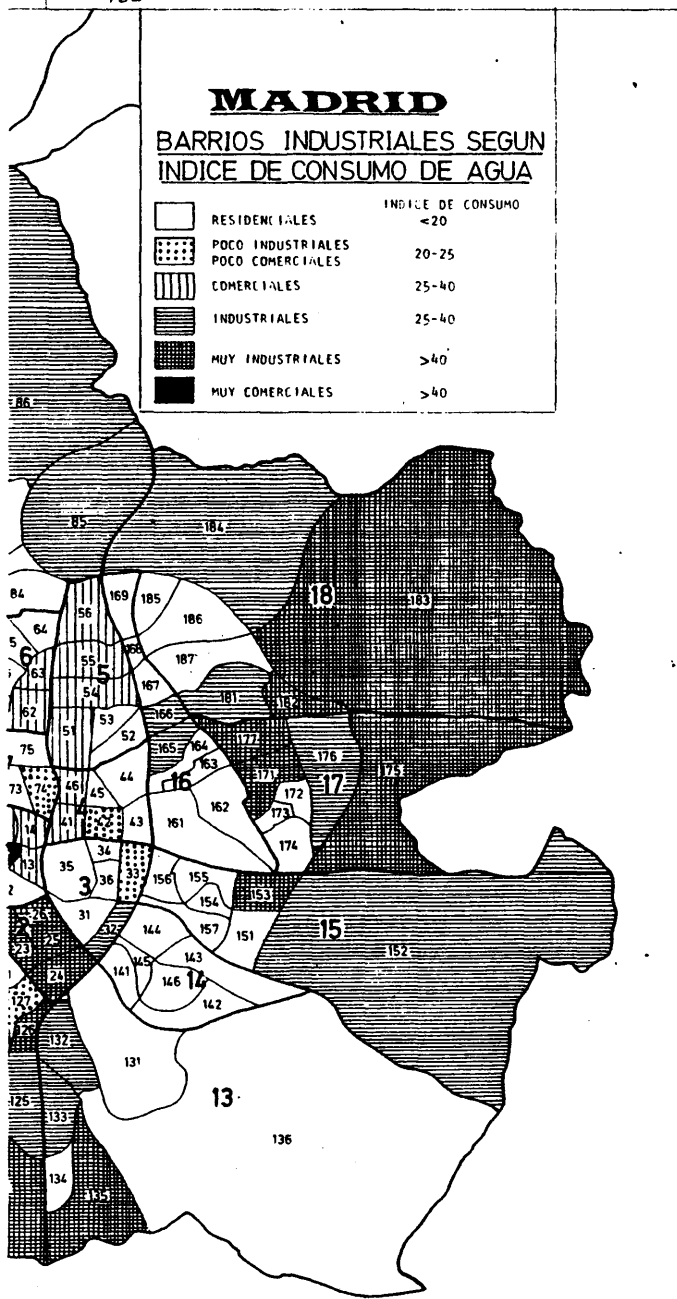
nicipio anexionado con una industria dedicada a los materiales de construcción de cierta consideración. Toda esta zona enlaza con los municipios industriales situados al este de la provincia de Madrid y centrados en el corredor del Henares. El tercer eje industrial es el del norte, mucho menos potente y todavía en expansión, sobre la carretera de Burgos y enlazando con Alcobendas y San Sebastián de los Reyes. Son los barrios de Valverde, El Goloso y Valdefuentes que cercanos al antiguo municipio de Fuencarral y situados en un área de buenas comunicaciones ferroviarias (en el barrio de Castilla está la estación de Chamartín) gozan de una excelente localización. En esta misma zona se piensa crear una nueva ciudad "Tres Cantos", con una industria ligera que se abastecerá en el futuro de aguas del Canal de Isabel II. También está en plan de proyecto la ciudad de Canto Blanco pero no tengo datos y no sé si contará con equipamiento industrial. No obstante, el único que se puede clasificar en la actualidad de forma rotunda como industrial es Valverde. En resumen, la industria de Madrid se localiza en tres ejes: centro-sur, este y norte, el resto son pequeñas áreas de escasa trascendencia industrial, mientras que los equipamientos y actividades del sector terciario, comercio y servicio, son de gran importancia en los barrios centrales de una ciudad que es a su vez centro administrativo de España.

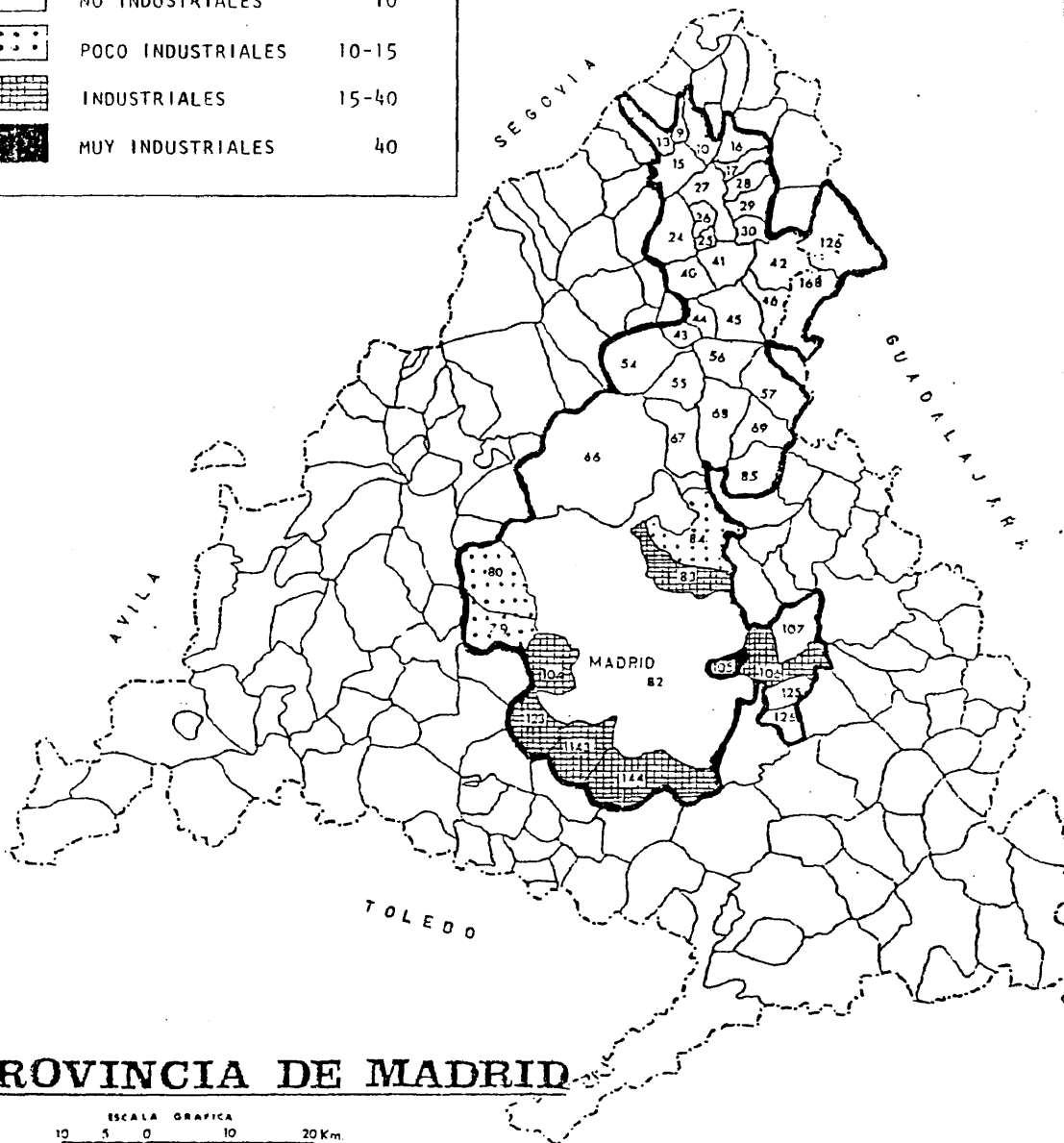
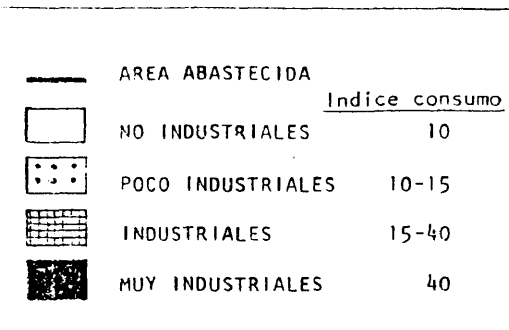
782'



**MADRID****BARRIOS INDUSTRIALES SEGUN  
INDICE DE CONSUMO DE AGUA**

	RESIDENCIALES	INDICE DE CONSUMO <20
	POCO INDUSTRIALES POCO COMERCIALES	20-25
	COMERCIALES	25-40
	INDUSTRIALES	25-40
	MUY INDUSTRIALES	>40
	MUY COMERCIALES	>40





He incluido en este epígrafe el consumo industrial de los municipios de Madrid según el índice para dar una visión más completa de los ejes industriales de el área metropolitana (8).

De los 31 municipios que abastece en la actualidad el Canal de Isabel II, 29 son de la provincia de Madrid, y de estos 14, tienen un consumo industrial en metros cúbicos por año de cierta consideración, es decir, no es el consumo propio de los equipamientos comerciales básicos y mínimos, sino el propio de una cierta industrialización, en la que incluyo el sector de la Construcción que tiene en algunos pueblos una gran importancia con más del 75% del consumo de agua industrial.

En el índice debido a su valor ínfimo, he suprimido la dotación superficial, y he rebajado los valores de la clasificación porque la disimetría de los datos de consumo, (porcentaje sobre el consumo total y valor de la dotación) es mayor a nivel de la ciudad <sup>que</sup> en aquellos pueblos de índice de consumo industrial bajo.

Tengo que hacer constar que existen municipios industrializados en la provincia de Madrid, Alcalá de Henares, Fuenlabrada, Pinto, Parla, etc., incluso otros dentro del área abastecida como Torrejón de Ardoz, que disponen de otras fuentes de abastecimiento de agua industrial.

Los resultados obtenidos a partir de este índice se pueden apreciar en el apéndice 2 y en el gráfico 2, en el que aparecen como no industriales la mayor parte de los municipios, en especial los situados en una línea imaginaria que iría de Colmenar Viejo hasta el Valle del Lozoya, y sólo 10 tienen un cierto grado de industrialización.

En los epígrafes realizados, el más industrial es Coslada, en el eje Este, cercano a Barajas y a los antiguos núcleos de Canillejas y Vicálvaro, es además el que más metros cúbicos

por año consume con usos casi exclusivamente industriales.

El <sup>1</sup>segundo epígrafe agrupa los pueblos del eje industrial Sur, Getafe y Leganés, también eminentemente industriales y que continúan los ejes de la carretera de Toledo y Andalucía. Otro pueblo industrial en el eje Este, es San Fernando de Henares, que aparece con un índice de consumo industrial bajo, en función de la población y porque dispone de otro sistema de abastecimiento. Junto a él deberían de estar Mejorada del Campo y Torrejón que igualmente disponen de otras fuentes de abastecimiento industrial. A gran distancia de los anteriores aparecen Pozuelo de Alarcón y el Alcorcón, donde la construcción tiene una gran importancia en el primero, mientras que en el segundo la construcción alterna con la industria, localizada esta última más próxima al eje Sur.

El último municipio con cierto grado de industrialización es Alcobendas, en el eje Norte, pero menos potente que los del Sur y Este, como ya dije con anterioridad.

El tercer epígrafe lo forman los municipios con muy poco consumo industrial entre los que se cuentan Majadahonda y Las Rozas en el área Oeste, de fuerte actividad en el sector de la Construcción. Por ejemplo, en el año 1.977, en Majadahonda (9), el número de trabajadores empleados en este sector suponía más del 20% del total de la población activa. El otro municipio, donde la construcción tiene también un gran peso específico es San Sebastián de los Reyes, pero situado en el eje Norte, y enlazando con el área industrial de Alcobendas.

MUNICIPIO	N° en el mapa	CONSUMO INDUSTRIAL miles m <sup>3</sup> /año	% CONSUMO INDUSTRIAL	DOTACION IND. l./hab. y día	RELACION C/I-C	INDICE CONSU MO INDUSTRIAL
ALCOBENDAS	83	1.011	17	55	2/7 .	16
ALCORCON	123	1.756	10	42	1/3	16
COLMENAR	66	53	3	9	1/0	5
COSLADA	105	1.956	56	160	0/1	46
GETAFE	144	2.331	30	54	0/1	30
LEGANES	143	1.837	36	43	0/1	30
MAJADAHONDA	79	91	16	25	7/2	14
MEJORADA	125	25	7	18	0/1	4
POZUELO	104	651	20	76	1,25/1	17
LAS ROZAS	80	40	21	14	1/5	11
SAN AGUSTIN	67	0,5	6	1	0/1	3
SAN FERNANDO	106	282	29	64	1/7	20
SAN SEBASTIAN	84	278	16	27	1/3	11
EL VELLON	56	1	100	4	-	-

Fuente: Canal de Isabel II. Programa Código Pueblo. 1.977.  
INE: Padrón Municipal de habitantes. 1.975.  
Elaboración personal.

Los datos son los de consumo industrial facturado. Torrejón de Ardoz (107) tiene pozos para el abastecimiento de agua industrial.  
La relación C/I-C, indica el cociente existente entre el consumo de agua industrial entre el sector de la construcción entre el consumo industrial del comercio y los sectores industriales propiamente dichos.



NOTAS 4.2.6

- (1) MENDEZ GUTIERREZ DEL VALLE, R.: "La industria de Madrid". Op. cit.
- (2) CANAL DE ISABEL II. Memorias, 1.945, 1.950, 1.969, 1.970-74, 1.975, 1.976, 1.977. MOPU. Madrid.
- (3) CASAS TORRES, J.M.: "Imperial". En Madrid. Espasa Calpe. Madrid, 1.979.
- (4) CORDOBA ORDÓÑEZ, J.: "El aeropuerto de Barajas". Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense. Inédita. Comunicación Verbal.
- (5) Sobre el hecho geográfico de La Castellana como centro financiero de España existen varios trabajos de Sanz García, J.M. entre los que destaca "Madrid, ¿capital del capital español?". I.E.M. Madrid, 1.975. Con una exhaustiva documentación y un profundo estudio de la Banca Madrileña y su desarrollo histórico y espacial-geográfico.
- (6) CHECA SANCHEZ, A.: "Estructura y localización del comercio minorista de Madrid". Boletín Real Sociedad Geográfica. Tomo CXII. Madrid, 1.976. Págs, 147-157.
- (7) BLANCO GARCIA, M.P.: "El centro comercial de Madrid. Estudio Geográfico. Tesis Doctoral. Inédita. Comunicación verbal. En elaboración.
- (8) En este capítulo está incluido parte de un trabajo presentado el Congreso Internacional de Geografía de la Unión Geográfica Internacional, celebrado en Tokio en septiembre de 1.980.
- (9) NAVARRO MADRID, E.: "Los movimientos diarios de trabajadores en el sector noroeste de Madrid: Majadahonda". Memoria de Licenciatura. Fac. de Geograf. e Historia. Univ. Complutense de Madrid, Madrid, 1.980. Inédita.

#### 4.2.7. Consumo Industrial y Comercial por barrios y sectores de actividad según el programa Tradi-Codi.

Es evidente que las aproximaciones anteriores con los que he tratado de calcular el consumo industrial por sectores de actividad en Madrid no son valores reales, particularmente en el caso de consumos teóricos aplicando módulos.

Por tanto he realizado un completo "muestreo", en cada barrio de Madrid, tratando de encontrar el consumo de agua por sector de actividad. Utilizo la palabra "muestreo" entrecomillada, porque he utilizado la guía de teléfonos, con lo que la muestra ha resultado bastante sesgada. Es evidente como se verá que no he conseguido averiguar de forma total el consumo por sectores de actividad, pero queda claro que he alcanzado una buena aproximación en función de los datos de que disponía, y sobre todo de la técnica de muestreo.

Para poder llegar a estos resultados, el Canal de Isabel II me facilitó un programa en el que cruzaba los datos del código tarifa con el código actividad, con lo que precisaba, por el consumo de agua, la dedicación industrial y comercial, e incluso de la construcción, en los barrios de Madrid.

El principal problema que he encontrado, consistió en conocer la actividad ya que gran parte de los datos facilitados por el Canal vienen con la dirección donde se consume el agua industrial, con el nombre y apellidos del propietario, pero no con la dedicación, por tanto tuve que recurrir a las guías de calles y a la de Telefonos para saber en que barrio de Madrid se hallaba la dirección y que actividad tenía. La mayor parte de los comercios vienen igualmente en la guía Telefónica con el nombre y apellido del

propietario, pero en ocasiones se especifica la actividad, bien en el listado, según un código de la Compañía Telefónica Nacional de España, bien con pequeños anuncios en la guía de calles.

Como se puede comprender, el muestreo tiene un sesgo importante, ya que gran parte de los empresarios que ponen un anuncio en la guía de calles son de industrias o comercios potentes, quedando excluido gran parte del comercio minorista, que por otro lado puede quedar incluido en el consumo domiciliario, cuando se pagan los gastos de agua por medio de comunidades de vecinos. Aunque a veces vienen anunciados algunos comercios pequeños y un gran número de servicios, que son los que yo he aprovechado.

De cualquier forma, en las áreas comerciales sólo va a aparecer, o lo hará de forma fundamental, el consumo de agua en este tipo de actividades comerciales (aunque con valores menores a los reales). Mientras que en las zonas industriales, saldrá un gran consumo industrial y un valor pequeño en el consumo comercial.

El "muestreo" está realizado en base a los datos que encontré en la guía telefónica, por tanto aquellos valores que no tenían su homólogo en la misma los he desechado, la mayor parte de ellos tenían valores inferiores a  $100 \text{ m}^3/\text{año}$ , y se, con seguridad, que se trata del consumo del comercio de barrio, pero al no estar confirmado, he creído conveniente y correcto no ponerlos.

En el cuadro nº 1 especifico las muestras que he conseguido, de los tres grandes grupos en que he dividido el consumo Industrial:

- 1) Consumo de comercio, oficinas y servicios; varía

desde 1 a 2 m<sup>3</sup>/año, hasta un millón y medio de m<sup>3</sup>/año que consume el aeropuerto de Barajas.

2) Consumo de la industria, dividida en sectores en el cuadro 3.

3) Construcción.

De cada uno de ellos detallo el número de muestras y la relación entre el consumo industrial total obtenido, por un lado en el código sectores del Canal, más cercano a la realidad aunque no especifica actividad, y por otro en el código Tradi-Codi, que es más inexacto pero especifica actividad como veremos en los cuadros 2 y 3.

Es decir, que lo ganado en conocimiento del consumo de la actividad industrial, lo he perdido en exactitud de los datos globales.

El número de muestras de establecimientos por barrio es muy variable; por lo que respecta al consumo comercial, varían de 100 establecimientos en el distrito 1, barrios centrales, a 0 ó 1 en los barrios periféricos. Igualmente ha habido barrios en los <sup>no</sup> que encontré datos, por ejemplo en Horcajo, donde no hay casi población residente, o en el Pardo y Fuentelarreina, barrios residenciales con poco Comercio.

En cuanto a los distritos industriales, el número de muestras, o de establecimientos oscila entre 20 y 40, salvo en los muy industrializados en que se superan las 60 e incluso 100 industrias.

La construcción es variable, en algún caso se trata de obras realizadas con anterioridad, pero la inmobiliaria lleva la gestión de los cobros del agua. Es notable desta-

Cuadro 1						
Barrio y distrito	N° Plano	N° de muestras			Consumo industrial total	
		Comercio	Industria	Construcción	Según muestras TRADICODI m³/año	Según Código sector. m³/año
Palacio	11	102	6	7	481.456	1.082.490,5
Embajadores	12	107	10	4	154.209	833.973,3
Cortes	13	102	7	2	657.294	1.124.880
Justicia	14	72	3	4	356.680	911.394,7
Universidad	15	92	13	11	463.595	1.173.266
Sol	16	109	3	14	816.207	1.990.749,5
Distrito Centro	1	584	42	42	2.929.450	7.116.754,7
Imperial	21	18	20	2	2.237.419	2.618.290,9
Acacias	22	32	19	4	1.011.161	1.141.301,6
Chopera	23	22	5	10	87.445	2.634.457,1
Legazpi	24	19	41	7	1.355.497	1.865.307,6
Delicias	25	27	32	6	1.393.805	1.581.820,2
Palos de Moquer	26	64	20	3	1.589.154	1.612.837,6
Distrito Arganzuela	2	182	137	32	7.776.476	11.354.015
Pacífico	31	38	9	9	171.807	740.092,5
Adelfas	32	40	27	12	672.678	1.674.196,9
Estrella	33	13	1	17	265.940	537.240,7
Ibiza	34	27	1	1	91.752	250.032
Jerónimos	35	24	0	2	181.691	399.833,3
Niño Jesús	36	11	0	0	63.795	142.869,1
Retiro	3	153	38	41	1.446.913	2.744.269,7
Recoletos	41	83	2	11	783.606	1.373.446,4
Goya	42	56	2	2	143.394	1.098.385,3
Fuente del Berro	43	37	9	7	165.078	320.392
Guindalera	44	56	24	15	389.726	932.841,4
Lista	45	38	1	2	229.969	560.608,2
Castellana	46	34	3	7	426.260	1.161.610
Salamanca	4	304	41	44	2.138.033	5.447.283,3
El Viso	51	46	1	7	416.560	1.084.164
Prosperidad	52	39	4	4	111.436	467.908,7
Ciudad Jardín	53	30	10	6	142.669	365.769,5
Hispanoamérica	54	40	6	13	631.067	1.279.578,9
Nueva España	55	35	7	12	491.719	1.486.252,5
Castilla	56	10	11	2	831.668	1.028.015,9
Chamartín	5	200	39	44	2.625.119	5.711.689,5
Bellas Vistas	61	31	10	3	79.341	273.521,7
Cuatro Caminos	62	48	12	12	366.614	1.472.002,2
Castillejos	63	21	2	6	60.272	1.436.925,6
Almenara	64	15	2	2	74.654	458.500,5
Valdeacederas	65	16	8	3	21.707	74.490,7
Berrueta	66	34	9	1	76.793	148.693,8
Tetuán	6	165	43	27	679.381	3.864.134,5
Gaztambide	71	38	3	7	145.680	400.724
Arapiles	72	44	3	15	293.548	497.222,3
Rafalgar	73	68	1	12	223.911	506.028,7
Almagro	74	39	4	8	430.714	981.705,7
Ríos Rosas	75	47	2	8	297.221	790.407,7
Vallehermoso	76	41	6	3	375.082	772.539,6
Chamberí	7	277	19	53	1.766.156	4.143.628

Cuadro 1 (Cont.)

Barrios y Distritos N° Plano	N° Muestras				Consumo industrial total	
	Comercio	Industria	Construcción		Según muestras TRADICODI	Según Código sec-
					m <sup>3</sup> /año	tores m <sup>3</sup> /año
El Pardo	81	8	0	0	6.639	90.170
Fuente Larreina	82	1	0	0	103	105.727,3
Peña Grande	83	10	0	12	39.777	431.119,5
Pilar	84	103	1	8	268.362	541.128,5
Valverde	85	16	28	3	971.930	1.158.368,7
El Goloso	86	0	4	0	180.034	496.109
Mirasierro	87	19	2	9	183.256	384.670,3
Fuencarral	8	157	35	32	1.650.101	3.207.293,3
Casa de Campo	91	19	2	0	325.615	247.568
Argüelles	92	44	5	15	1.124.411	1.547.673
C. Universitaria	93	40	8	11	432.957	854.004,4
Valdezarza	94	38	0	13	62.463	157.477
Valdemarín	95	4	0	0	19.394	37.357
El Plantío	96	3	0	2	24.030	64.061
Aravaca	97	11	0	4	60.884	405.028
Moncloa	9	159	15	45	2.049.754	3.313.168,4
Cármenes	101	23	2	1	46.224	59.570,7
Puerta del Ángel	102	56	9	2	162.448	345.590,1
Lucero	103	12	2	13	31.829	186.770,7
Aluche	104	52	3	23	213.482	593.907,9
Campamento	105	8	0	11	12.828	365.806
Cuatro Vientos	106	2	0	0	1.140	87.714
Aguilas	107	16	1	2	9.611	216.329,1
Latina	10	169	17	52	477.752	1.855.668,6
Comillas	111	33	2	6	110.776	516.604,7
Opáñel	112	35	6	1	144.910	324.259,4
San Isidro	113	37	28	4	266.415	451.342,7
Vista Alegre	114	34	8	5	140.180	461.718,2
Puerta Bonita	115	12	10	1	69.442	178.603,2
Buenavista	116	14	9	1	153.338	210.241,7
Abrantes	117	18	2	2	111.162	173.212,5
Carabanchel	11	183	65	20	996.223	2.315.978,4
Moscúrdó	121	19	11	1	259.333	473.551,1
Pradolongo	122	2	7	0	5.831	73.232,5
Orcasitas	123	4	7	1	440.493	841.358
San Andrés	124	26	35	5	3.119.351	3.751.887,4
Los Angeles	125	32	9	3	1.451.155	1.988.401,7
Carolinas	126	17	23	1	944.716	740.284,6
Almendrales	127	33	14	1	228.232	439.107,8
Usera	128	17	8	0	10.958	82.847,5
Villaverde	12	140	114	12	6.460.069	8.390.680,4
Santa Catalina	131	17	8	2	117.357	352.764,1
San Fermín	132	5	14	0	290.444	587.632,2
Los Rosales	133	8	7	4	229.672	720.613,4
San Cristóbal	134	19	0	4	12.508	329.167,2
Butarque	135	4	11	2	45.885	758.285,1
Villa Vallecas	136	22	24	9	542.763	608.774,1
Mediodía	13	75	64	21	1.239.529	3.457.236,1
San Diego	141	39	11	2	123.018	235.972,1
Picazo	142	9	0	4	8.105	147.549,5
Portazgo	143	5	4	0	21.255	228.505
Numancia	144	49	3	2	97.175	177.442,5
Oliver	145	24	2	6	47.190	119.013,8
Palomeras	146	16	1	8	27.553	140.573,5
Vallecas	14	142	21	20	324.302	1.050.156,4

Cuadro 1 (Cont-)

793.

Barrios y distritos	N° Plano	N° Muestras			Consumo industrial total	
		Comercio	Industria	Construcción	Según muestras m <sup>3</sup> /año	Según Códigos sec- tores m <sup>3</sup> /año
Pavones	151	1	0	0	44	52.499,9
Vicálvaro	152	27	20	6	879.295	1.261.923
Horcajo	153	0	0	0	0	8.843
Vinateros	154	6	0	4	19.748	90.461
Marroquina	155	49	0	2	48.729	317.616
Media Legua	156	17	0	4	72.177	112.587,7
Fontarrón	157	50	0	2	21.756	195.844,2
Moratelaz	15	150	20	18	1.041.749	1.947.775,3
Ventas	161	32	9	2	104.988	284.758,5
Pueblo Nuevo	162	51	31	23	523.346	381.616,3
Quintana	163	27	6	4	131.616	226.651,9
Concepción	164	23	1	2	54.888	223.955,1
S. Pascual	165	29	16	9	432.743	751.656,7
S. Juan Bautista	166	8	10	3	267.110	420.284
Colinas	167	4	2	8	83.886	167.859
Atalaya	168	2	2	0	15.448	41.668
Castillares	169	3	1	12	64.764	191.743,9
Ciudad Lineal	16	179	78	141	1.678.789	2.690.194,3
Simancas	171	47	100	7	1.671.331	2.340.161
Hellín	172	1	0	2	82.588	69.218
Amposta	173	27	1	0	5.745	91.046
Arcos	174	1	0	0	157	58.430
REjas	175	12	11	2	1.670.589	1.392.416
Canillejas	176	8	10	11	611.034	1.211.443
Salvador	177	4	4	2	80.750	813.089
San Blas	17	100	126	24	4.122.194	5.975.803
Piovera	181	2	3	1	74.727	318.816,5
Palomas	182	4	0	4	146.189	697.869,5
Barajas	183	28	10	7	3.014.129	1.170.881,
Valdefuentes	184	3	1	1	86.564	234.488
Apostol Santiago	185	6	1	5	114.611	48.087,2
Pinar del Rey	186	20	1	8	75.012	399.654,1
Canillas	187	15	4	2	27.120	214.715,3
Hortaleza	18	78	20	28	3.538.352	5.573.091,1
Total Madrid		3.397	934	696		80.185.820

Fuente: Programa TRADICODI. Elaboración personal.

car que el barrio de Argüelles en el que yo creía que su gran consumo de agua industrial era debido al comercio, da de forma clara un gran consumo en el sector de la construcción, que puede ser debido a los edificios construidos en el año 77 en la antigua iglesia del Buen Suceso, o las obras de la calle de la Princesa, que han supuesto un gran volumen de edificación.

En la elaboración de los datos han existido errores de localización, determinados por que el consumo industrial se da por calles y algunas de estas se extienden por barrios distintos, así por ejemplo, el barrio Casa de Campo, tiene mayor consumo en el programa de las muestras (TRADICODI) que en el de Sectores del Canal, al igual sucede en el de Carolinas, Pueblo Nuevo, Rejas y Apóstol Santiago, la única explicación racional que puedo dar es el error de localización de alguna actividad importante en cualquiera de los barrios limítrofes en la operación de Traspase de los datos de cualquiera de los códigos, ya que la Casa de Campo tiene 200 y el Parque de Atracciones que son grandes consumidores, y los barrios de Carolinas, Pueblo Nuevo y Rejas, tienen zonas industriales importantes, para Apóstol Santiago (barrio residencial) no encuentro explicación, ya que es un barrio de Consumo de agua de tipo domiciliario y en el sector industrial, sólo el subsector comercial tiene importancia, creo que en el trasvase se ha "Colado" una industria química que consume  $43.000 \text{ m}^3/\text{año}$ , y esto ha hecho variar los datos.

Por el número de muestras (cuadro 1) se puede hacer una primera clasificación en barrios industriales, comerciales y con predominio de la construcción.

Los barrios comerciales y de servicios son:

En primer lugar el distrito Centro nº 1, con los barrios de Sol y alrededores, con una prolongación Sur hacia



el barrio 26 Palos de-Moquer en el distrito 2.

En el distrito tres apenas hay comercio de consideración, aunque los barrios sean eminentemente con población residente y cierto consumo domiciliario. Esto no sucede en el distrito cuatro que es la segunda zona comercial de Madrid, Recoletos y Goya son barrios muy comerciales, con menor número de muestras aparece el Distrito cinco, mientras que en el Distrito seis, Tetuán, únicamente el barrio de Cuatro Caminos viene a tener un valor de muestra importante. El Distrito siete, posée barrios muy comerciales, como Trafalgar, Arapiles y Ríos Rosas. En el Distrito 8, el Barrio del Pilar, centraliza el comercio del distrito de forma absoluta.

En el resto de los Distritos, existen barrios en los que han salido un gran número de muestras, por ejemplo el barrio de Argüelles y la Ciudad Universitaria, en el Distrito 9; Aluche y Puerta del Angel, el primero de ellos muy poblado y extenso, en el Distrito 10; San Diego y Numancia en Vallecas; Marroquina y Fontarrón en Moratalaz, así como Pueblo Nuevo y Simancas en el distrito 16 y 17 respectivamente. El resto de los barrios poseen pocas muestras, y las existentes denotan un comercio de barriada fundamentalmente.

Los barrios industriales según las muestras recogidas son:

En primer lugar los barrios del Distrito 2 ; Centro-Sur que enlazan, como ya ha resultado en el programa sectores del canal con el sur madrileño, es decir, con los barrios de los Distritos 12 y 13.

En el eje Este aparecen Simancas con 100 muestras, y su entorno. Barajas, Rejas, Canillejas, Vicálvaro, Pueblo Nue-

vo, San Juan Bautista, etc.

En el eje Norte aparece Valverde, Castilla, etc. Por último existen barrios aislados con industria, como Guindalera con algunos laboratorios, San Isidro, etc.

La construcción se encuentra repartida de forma desigual, ya que el número de muestras no puede ser un indicador de la misma y creo que el volumen de agua gastada será mejor criterio, ya que no coinciden las muestras con el suelo libre, es decir, con los lugares donde existe mayor construcción potencial. De cualquier forma no va a resultar significativo ningún dato en este sector porque el año 1.977 fue de crisis para la construcción.

En conjunto el número de muestras no es más que una aproximación poco válida, por lo que resulta mejor el volumen total de agua consumida en los establecimientos para saber la dedicación fundamental del barrio.

Para ello tengo los datos elaborados en el cuadro 2 y mapa 1 cuyos resultados vienen a ser más significativos y reales.

He dividido los barrios según el consumo y según el predominio de las actividades en cuatro epígrafes.

- 1) Comercio y servicios.
- 2) Industria.
- 3) Construcción.
- 4) No hay predominio de ningún sector, o no hay apenas consumo. El criterio utilizado en la clasificación es el de

Cuadro 2. Consumo de agua por sectores, en los barrios y distritos de  
Madrid, con muestras tomadas de l programa TRADICODI facilitado por el  
Canal de Isabel II, año 1977 (m<sup>3</sup>/año) .

Distrito y barrio	NºPlano	Consumo comercio oficinas, servi- cios.	Consumo industrial	Consumo cons- trucción
Palacio	11	354.128	2.705	124.632
Embajadores	12	136.832	6.289	11.088
Cortes	13	603.439	51.593	2.258
Justicia	14	281.252	2.539	72.889
Universidad	15	391.198	9.688	62.709
Sol	16	729.717	28.852	57.638
Centro	1	2.496.566	101.666	331.214
Imperial	21	61.278	2.274.250	1.891
Acacias	22	130.143	873.132	7.886
Chopera	23	70.544	5.932	10.969
Legazpi	24	104.591	1.151.872	99.034
Delicias	25	60.780	1.277.449	55.576
Palos de Mog.	26	188.818	1.373.782	26.554
Arganzuela	2	616.154	6.956.417	201.910
Pacífico	31	79.575	38.011	53.501
Adelfas	32	258.593	335.300	78.252
Estrella	33	102.075	24	163.841
Ibiza	34	91.289	4	459
Jerónimos	35	169.151	-	12.540
Niño Jesús	36	63.765	-	-
REtiro	3	764.448	373.532	300.593
Recoletos	41	756.561	6.209	20.836
Goya	42	136.812	2.656	4.226
F. del Berro	43	123.271	27.359	14.448
Guindalera	44	237.145	124.436	28.145
Lista	45	199.711	344	29.914
Castellana	46	295.714	77.556	52.990
Salamanca	4	1.749.214	238.560	150.559
El Viso	51	369.382	4.048	43.130
Prosperidad	52	94.835	9.414	7.187
C. Jardín	53	99.251	35.315	8.103
Hispanoamérica	54	496.392	38.095	96.530
N. España	55	259.257	176.964	55.498
Castilla	56	471.409	330.540	29.719
Chamartín	5	1.790.526	594.376	240.217

Cuadro 2. (Continuación)

798.

Distrito y barrio	Nº Plano	Consumo comercio oficinas, servi- cios	Consumo industrial	Consumo cons- trucción
B. Vistas	61	69.285	5.930	4.126
C. Caminos	62	126.886	23.365	146.364
Castillejos	63	48.086	746	11.440
Almenara	64	53.063	344	21.247
Valdeacederas	65	17.269	1.592	2.846
Berruquete	66	36.490	40.237	66
Tetuán	6	351.079	142.213	186.089
Gaztambide	71	96.235	5.713	43.732
Arapiles	72	185.548	145	107.855
Trafalgar	73	136.693	82.811	4.407
Almagro	74	244.309	6.872	179.533
Ríos Rosas	75	273.827	6.879	16.515
Vallehermoso	76	363.672	8.858	2.552
Chamberí	7	1.300.284	111.278	354.594
El Pardo	81	6.639	-	-
Fuente Arreina	82	103	-	-
Peña Grande	83	21.324	-	18.453
Pilar	84	226.570	19	41.773
Valverde	85	30.766	937.050	4.114
El Goloso	86	-	180.034	-
Mirasierra	87	163.683	28.111	16.762
Fuencarral	8	449.085	1.145.214	81.102
C. de Campo	91	301.920	23.695	-
Argüelles	92	231.131	271.449	621.831
C. Universit.	93	343.488	41.245	48.224
Valdezarza	94	41.011	-	21.452
Valdemarín	95	19.394	-	-
El Plantío	96	23.185	-	845
Aravaca	97	52.198	-	8.686
Moncloa	9	1.012.327	336.389	701.038
Cármenes	101	20.907	23.748	1.569
P. del Angel	102	78.523	77.168	6.757
Lucero	103	16.193	1.533	14.103
Aluche	104	131.602	2.073	79.807
Campamento	105	2.164	-	10.664
Cuatro Vient.	106	1.140	-	-
Aguilas	107	7.178	404	2.029
Latina	10	257.707	104.926	114.929

Cuadro 2. (Continuación)

799.

Distrito y barrio	NºPlano	Consumo comercio oficinas, servi- cios	Consumo industrial	Consumo cons- trucción
Comillas	111	95.312	150	15.314
Opañel	112	118.332	26.182	496
San Isidro	113	53.522	190.699	22.194
V. Alegre	114	67.482	64.088	8.610
P. Bonita	115	23.953	44.855	634
Buenavista	116	49.343	103.988	7
Abrantes	117	60.953	1.952	48.257
Carabanchel	11	468.897	431.914	95.512
Moscardó	121	68.727	187.020	3.586
Pradolongo	122	1.247	4.584	-
Orcasitas	123	24.299	412.618	3.576
San Andrés	124	97.878	3.002.807	18.666
Los Angeles	125	55.508	1.264.869	103.778
Carolinas	126	4.400	927.389	12.927
Almendrales	127	14.124	185.930	28.178
Usera	128	7.455	3.503	-
Villaverde	12	273.638	5.988.720	170.711
S. Catalina	131	65.140	46.011	6.206
San Fermín	132	987	289.729	-
Los Rosales	133	3.174	209.381	17.117
S. Cristobal	134	12.289	-	1.219
Butarque	135	10.602	32.368	2.915
V. Vallecas	136	142.587	314.088	86.088
Mediodía	13	234.779	981.305	113.545
San Diego	141	74.087	48.089	842
Picazo	142	2.274	-	5.831
Portazgo	143	1.977	19.278	-
Numancia	144	42.214	26.654	28.307
Olivar	145	33.304	9.769	4.117
Palomeras	146	10.583	522	16.454
Vallecas	16	164.439	104.312	55.551
Pavones	151	44	-	-
Vicálvaro	152	52.237	799.724	27.334
Horcajo	153	-	-	-
Vinateros	154	9.037	-	10.711
Marroquina	155	34.348	-	14.381
Media Legua	156	64.003	-	8.174

Cuadro 2. (Continuación)

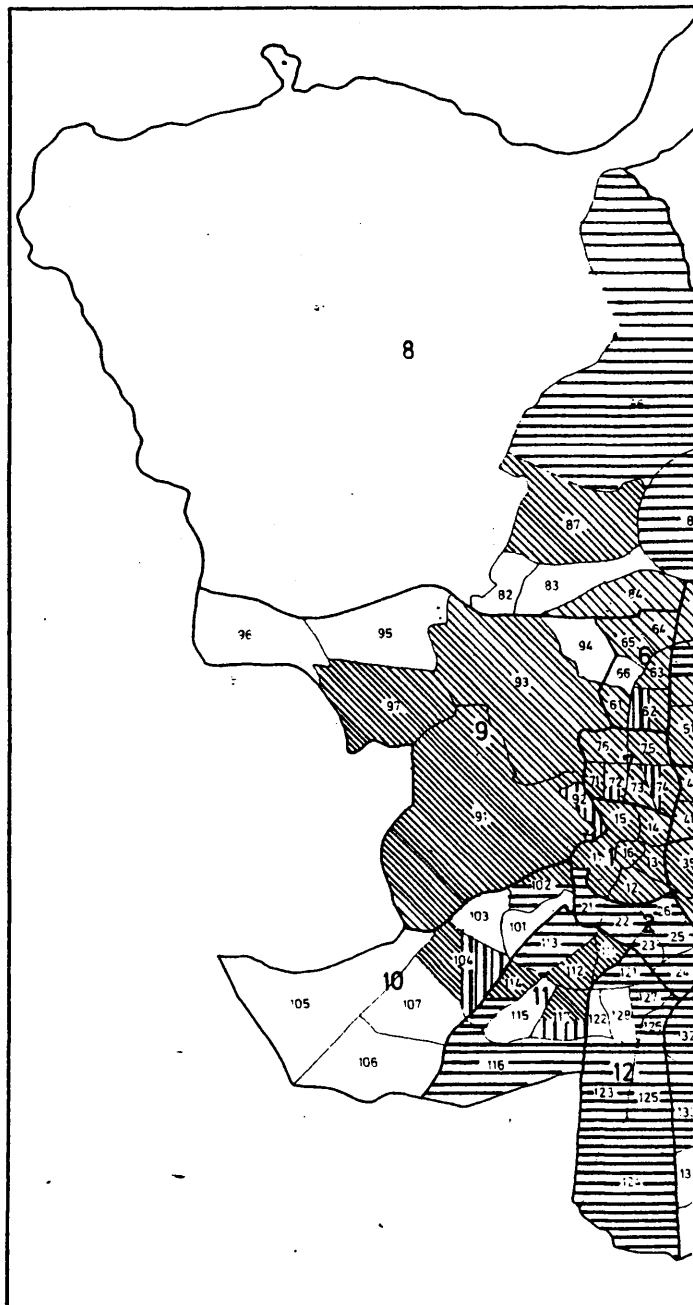
Distrito N°Plano y barrio		Consumo comercio oficinas, servi- cios	Consumo industrial	Consumo cons- trucción
Fontarrón	157	20.391	-	1.365
Moratalaz	15	180.060	799.724	61.965
Ventas	161	86.139	5.793	13.056
P. Nuevo	162	77.962	401.641	43.743
Quintana	163	107.436	5.493	18.687
Concepción	164	27.524	10	27.354
S. Pascual	165	131.998	277.350	23.395
S. Juan B.	166	62.982	195.233	8.895
Colina	167	26.754	1.523	55.609
Atalaya	168	7.398	8.050	-
Castillares	169	5.380	57.541	1.843
C. Lineal	16	533.573	952.634	192.582
Simancas	171	52.558	1.594.120	24.653
Hellín	172	3.771	-	78.817
Amposta	173	5.740	5	-
Arcos	174	157	-	-
Rejas	175	167.170	1.376.979	118.679
Canillejas	176	10.802	574.832	25.400
Salvador	177	17.925	26.443	36.382
San Blas	17	258.123	3.580.140	283.941
Piovera	181	28.235	45.125	1.367
Palomas	182	5.859	-	140.330
Barajas	183	(1) 270.518	735.781	38.650
Valdefuent.	184	7.816	70.466	8.282
Ap. Santiago	185	53.960	43.729	16.922
Pinar del R.	186	67.785	240	6.987
Canillas	187	10.543	892	15.692
Hortaleza	18 (2)	2.413.895	896.233	228.230

(1) No esta incluido el aeropuerto.

(2) Si esta incluido el aeropuerto.

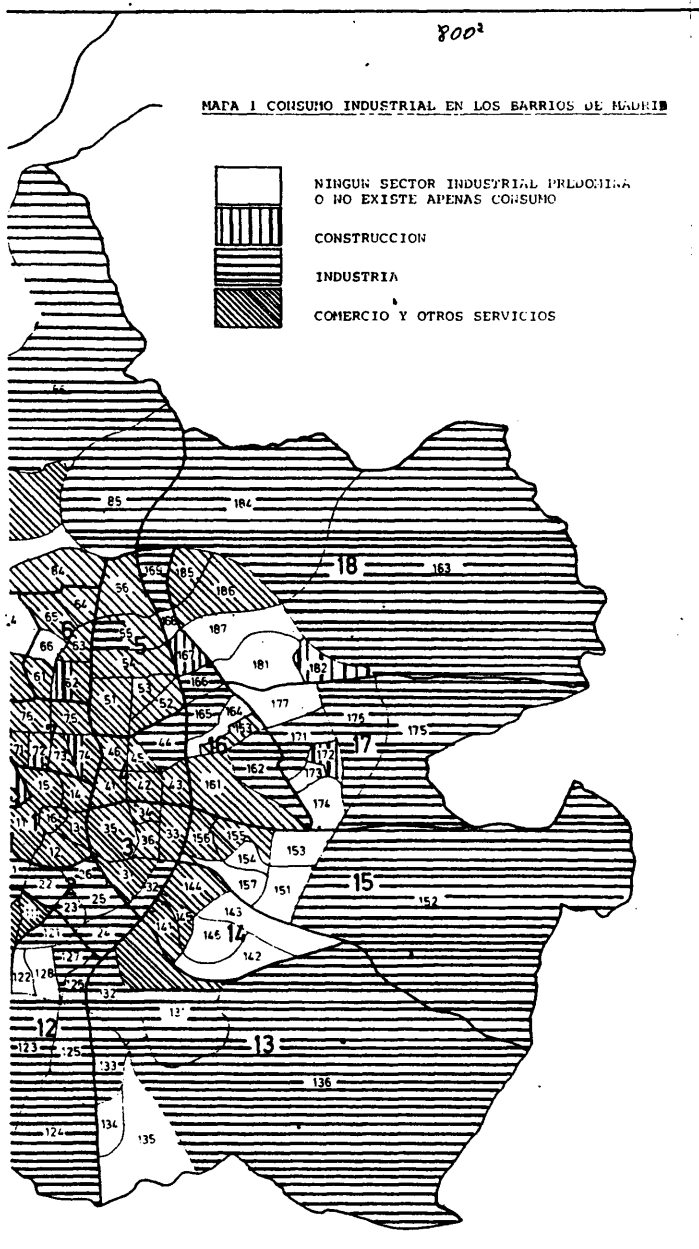
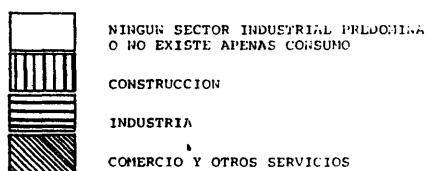
Fuente: Elaboración personal.

800'



800<sup>2</sup>

MAPA 1 CONSUMO INDUSTRIAL EN LOS BARRIOS DE MADRID





predominio por las cantidades de agua consumida.

De este modo en el mapa 1 y cuadro 2, se puede ver la distribución espacial del consumo de agua industrial y comercial de la forma siguiente:

Barrios comerciales y de servicios.

- Todo el "Corazón de la ciudad", es decir los distritos 1, 3, 4, 5, 6 y 7 aunque en alguno de ellos aparezcan otros valores.
- En un segundo plano, bien la industria, bien la construcción.

El máximo consumo se produce en los barrios de Recoletos en primer lugar y en Sol, este hecho denota un desplazamiento del comercio y los servicios del centro al eje de la Castellana.

- Aparecen también barrios de la primera corona que son centros comerciales de distrito. EL Pilar y Mirasierra en el distrito 8; Ciudad Universitaria, Aravaca y Casa de Campo en el 9; Puerta del Angel y Aluche en el distrito 10. El distrito 11 aparece muy heterogéneo sin predominio claro de actividad, aunque en Comillas y Opañel predomina el comercio. En el distrito 13 únicamente Santa Catalina posee un comercio consumidor. San Diego y Numancia son por el consumo los barrios más comerciales de Vallecas. Así como Ventas y Quintana lo son del distrito 16. Simancas que en la aproximación anterior era bastante comercial se ve oscurecido este sector por el predominio total del consumo industrial. Mientras que en el distrito 18 sólo Apóstol Santiago y Pinar del Rey son predominantemente comerciales.

Barrios industriales:

De forma cualitativa, y por conocimiento personal de la ciudad, esboqué en puntos anteriores una clasificación de los barrios industriales madrileños por su consumo de agua. Pues bien, existe una casi total coincidencia en los resultados anteriores y los que voy a presentar, con alguna variación.

Madrid lo dividía en tres ejes industriales: Sur, Este y Norte. El eje Centro - Sur es el más importante, está constituido por los barrios de los distritos 2, 12 y 13 en los ejes de las carreteras de Andalucía y Toledo, con una prolongación hacia la M-30, en el barrio 32, y barrios aislados con algunas industrias pequeñas, en los barrios 102, 113, 114 y 116. En este eje se concentra la industria madrileña, particularmente la eléctrica y la metalúrgica.

El segundo eje en importancia es el Este. Barrios: Guindalera 44, Vicálvaro 152, San Juan Bautista 166 y San Pascual, 165; Pueblo Nuevo, 162; Simancas, 171; Rejas y Canillejas, 175 y 176; Barajas, 183. Son barrios con industrias metalúrgicas, químicas y bebidas.

Por último el eje Norte son los barrios Nueva España, 55 y Castilla 56, con Periódicos y Renfe, así como los barrios 85 y 86, Valverde y El Goloso y el 184, Valdefuentes y el 169 Castillares en los que se localizan industrias, y la estación técnica de Renfe (Chamartín).

En resumen, hechos que con pocas diferencias ya había anunciado.

#### Barrios en los que aparece la Construcción.

De forma dominante, es decir, por el volumen consu-

mido, Argüelles es el barrio en que la construcción era más activa en el año 1.977. Esto es debido a que en ese año se construía sobre el solar lo que fue la 2ª iglesia del Buen Suceso y en otras zonas se estaban realizando complejos comerciales y edificios de alta categoría.

Otros de los barrios en que se construía a buen ritmo fueron Almagro y Arapiles en el distrito 7. En la zona Norte-Noroeste del casco urbano se están haciendo en los últimos años nuevos edificios en zonas de remodelación. Se derriban viejos edificios y en los solares se construyen edificios de apartamentos, esto también sucede en el centro, por ejemplo en Palacio y en zonas menos céntricas como Cuatro Caminos.

En el anillo periférico el ritmo constructivo sigue, apesar de la crisis, intenso. Aluche, 104; Abrantes, 107; Colina, 167 donde en la actualidad se construye a buen ritmo; En Palomas, 182 se construyen viviendas de categoría social alta mientras que en Hellín,<sup>172</sup> a pocos kilómetros, se construyen viviendas sociales.

Hay zonas que no aparecen con grandes consumos en el sector de la construcción pese a que se constata un aumento de lo edificado día a día desde 1.975, pero es debido o bien a falta de datos en el muestreo, o bien a errores de trasvase o de mecanización.

En cualquier caso he dicho que el consumo de las construcción no es representativo por lo cambiante que es el sector en el espacio.

Por último existen barrios en los que apenas hay consumo industrial y comercial en el programa Tradicodi, que son los señalados en blanco en el mapa 1, aparecen en él parte de los barrios residenciales, independientemente de la

clase social, de la periferia madrileña; son los barrios ricos del oeste, El Pardo, Valdemarín, El Plantío, Valdezarza, y los barrios pobres periféricos: como Butargue, San Cristóbal, Pradolongo, Usera y Puerta Bonita en el Sur; Cármenes, Lucero, Campamento, Cuatro Vientos y Águilas en el Suroeste; parte de Vallecas y Moratalaz. Así como algunos barrios de Ciudad Lineal, San Blas y Hortaleza.

Es de destacar que en el Barrio 181, La Piovera, que en algún programa anterior resultaba industrial, en el Tradicodi no aparece ninguna industria, confirmando el posible error anterior.

La última de las aproximaciones y por tanto la más afinada y en la que cabe más error, aunque creo que es correcta, por lo que diré más adelante, es la de consumo de agua por sectores industriales, propiamente dichos, en los barrios de Madrid. Cuadro 3, mapas 2, 3 y 4.

Por sectores industriales, he dividido el consumo en 9 tipos de industrias:

1. Alimentación.
- 2.3. Bebidas y Tabaco.
4. Textil.
5. Madera y Corcho.
6. Papel y Artes gráficas.
7. Calzado y confección.
8. Químicas.

**Cuadro 3. Consumo de Agua por sectores industriales en los barrios de Madrid.**

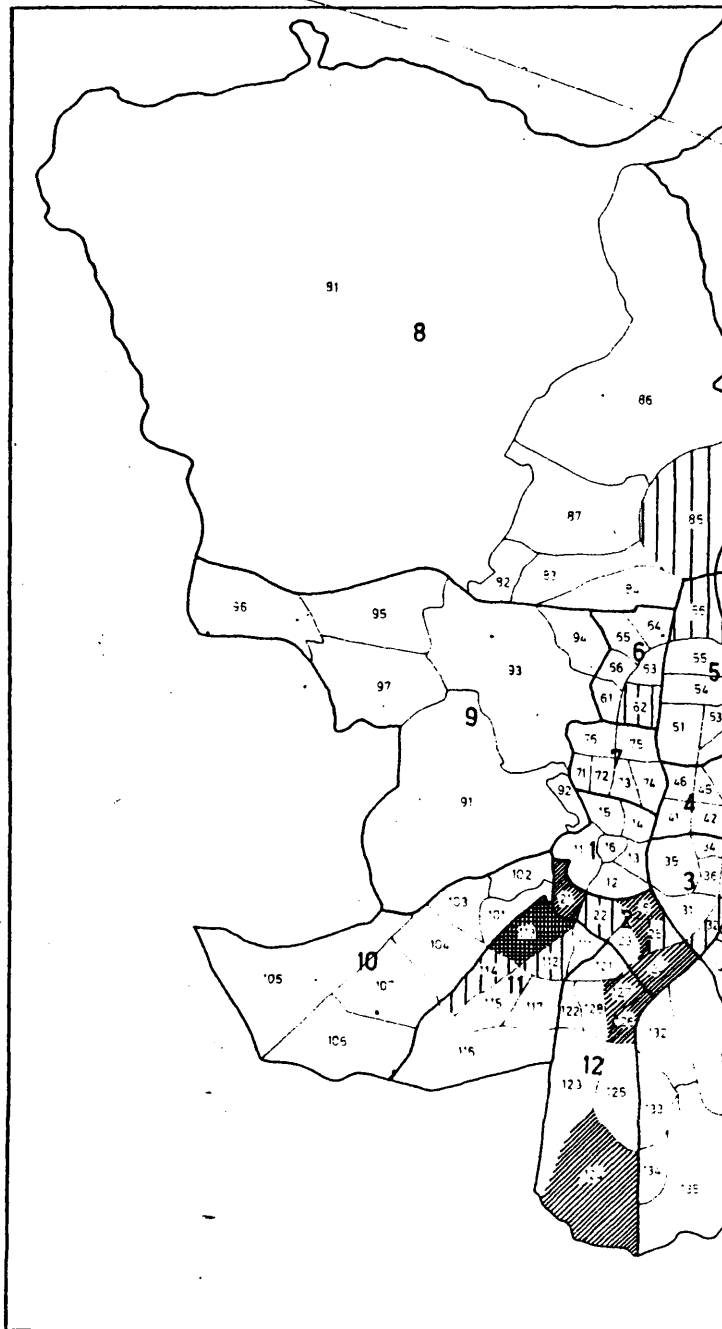
Districto N° Plano y barrio	1	2-3	4	5	6	7	8	9	10
Palacio	11	353	-	-	-	792	283	-	2.352
Embajadores	12	942	4.616	-	-	-	-	-	731
Cortes	13	-	-	-	-	44.770	348	879	5.537
Justicia	14	-	-	-	-	8.485	34	-	-
Universidad	15	601	80	-	-	7.950	483	-	574
Sol	16	-	-	-	-	-	28.821	31	-
Centro	1	1.896	4.696	-	-	55.972	29.989	909	9.254
Imperial	21	-	2.243.276	-	9.388	-	-	4.476	17.180
Acacias	22	37.022	-	-	-	630.015	203.048	-	3.047
Chopera	23	-	-	-	-	500	2.537	859	2.036
Legazpi	24	-	807.053	-	-	6.324	2.674	192.533	75.756
Delicias	25	172.079	236.543	-	-	191.016	176.295	-	500.425
Palos de Moq.	26	-	1.286.923	-	-	-	1.064	774	85.021
Arganzuela	2	210.092	4.573.825	-	9.388	827.570	182.570	397.214	72.008 683.465
Pacífico	31	-	-	5.940	-	85	-	31.786	200
Adelfas	32	44.540	13.694	-	-	2.916	8.066	131.591	13.386 121.300
Estrella	33	24	-	-	-	-	-	-	-
Ibiza	34	-	-	-	-	4	-	-	-
Jerónimos	35	-	-	-	-	-	-	-	-
Niño Jesús	36	-	-	-	-	-	-	-	-
REtiro	3	44.564	13.694	5.940	-	3.001	8.066	163.377	13.386 121.500
REcoletos	41	4.088	-	-	-	-	-	-	2.121
Goya	42	2.590	-	-	-	-	-	-	66
P. del Berro	43	-	12.132	-	-	4.105	-	10.821	301
Guindalera	44	354	-	-	-	3.211	-	111.621	9.250
Lista	45	-	-	-	-	344	-	-	-
Castellana	46	-	-	-	-	77.556	-	-	-
Salamanca	4	7.502	12.132	-	-	85.216	-	122.442	11.738
El Viso	51	-	-	-	-	-	-	4.048	-
Prosperidad	52	-	-	-	-	-	-	8.887	527
C. Jardín	53	-	-	-	-	1.533	-	13.690	20.092
Hispanoamérica	54	-	-	-	-	23.761	-	9.182	5.142
Nueva España	55	10.466	-	-	-	12.142	51.785	102.175	378
Castilla	56	35.925	-	1.716	-	104.709	-	23.587	164.603
Chamartín	5	46.391	-	1.716	-	142.145	51.785	161.742	190.742
Bellas Vistas	61	744	-	-	1.990	1.251	1.004	-	941
Cuatro Caminos	62	57.168	-	-	6	1.097	11.666	62	23.265
Castillejos	63	-	-	-	-	615	-	-	131
Almenara	64	-	-	-	335	-	-	-	9
Valdeacederas	65	-	-	-	121	41	-	2	1.428
Berruete	66	-	-	-	73	1.580	16.533	17.442	4.578 31
REtuán	6	57.912	-	-	2.525	4.584	29.203	17.442	4.642 25.905
Gaztambide	71	-	-	-	-	3.134	-	-	2.579
Arapiles	72	-	-	-	-	106	-	-	39
Trafalgar	73	-	-	-	-	-	-	82.811	-
Almagro	74	-	-	2.510	-	-	-	-	4.362
Ríos Rosas	75	-	-	-	-	-	-	6.879	-
Vallehermoso	76	-	-	-	-	-	-	7.860	398
Chamberí	7	-	-	2.510	-	3.240	-	97.550	7.978
El Pardo	81	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuente de la Reina	82	-	-	-	-	-	-	-	-
Peña Grande	83	-	-	-	-	-	-	-	-
Pilar	84	-	-	-	-	-	-	-	19
Valverde	85	155.439	-	-	21.673	14.643	-	269.590	286.631 169.054
El Goloso	86	-	-	-	-	-	-	100.909	79.125
Mirasierra	87	-	-	-	-	29.111	-	-	-
Fuencarral	8	155.459	-	-	21.673	42.754	-	370.499	286.631 268.199
Casa de Campo	91	-	-	-	-	-	-	23.695	-
Arguilles	92	1.967	-	-	-	-	-	269.097	385
C. Universit.	93	-	-	-	-	-	8.426	-	32.819
Valdezarza	94	-	-	-	-	-	-	-	-
Valdemarín	95	-	-	-	-	-	-	-	-
El Plantío	96	-	-	-	-	-	-	-	-
Aravaca	97	-	-	-	-	-	-	-	-
Moncloa	9	1.967	-	-	-	-	8.426	292.729	33.204
Cármenes	101	-	-	-	27	-	-	23.721	-
P. Angel	102	-	1.147	-	15	3.340	-	-	-
Lucero	103	-	-	-	-	1.403	-	130	-
Aluche	104	-	-	-	-	-	-	-	398
Campamento	105	-	-	-	-	-	-	-	-
C. Vientos	106	-	-	-	-	-	-	-	-
Aguilas	107	-	-	-	-	-	-	-	404
Latina	10	-	1.147	-	42	4.743	-	23.851	1.675 802

Distrito N°Plano y barrio	1	2-3	4	5	6	7	8	9	10
Comillas 111	-	-	-	114	-	-	-	-	56
Opañel 112	25.426	-	-	48	186	-	-	-	522
San Isidro 113	2.651	-	69.450	565	1.502	40.322	27.533	411	48.265
Vista Alegre 114	59.690	2.375	-	196	-	-	-	1.373	466
Puerta Bonitall 115	3.121	-	-	172	366	38.840	-	-	2.356
Buenavista 116	-	-	-	105	-	-	99.537	-	4.346
Abrantes 117	1.891	-	-	-	-	-	-	-	61
Carabanchel 11	92.779	2.375	69.450	1.200	2.054	79.162	127.070	1.790	56.052
Moscaldó 121	20	-	-	-	-	-	142.562	-	44.438
Pradolongo 122	87	-	-	154	351	-	3.879	-	113
Orcasitas 123	-	-	-	-	-	-	-	132.479	280.139
San Andrés 124	7.608	368.625	-	28.160	313	-	187.933	-	2.410.168
Los Angeles 125	16.040	-	-	-	-	-	-	-	1.248.829
Carolíneas 126	2.402	443.553	-	51	-	-	196.707	-	284.676
Almendrales 127	-	183.328	-	138	472	-	-	993	399
Usara 128	-	-	-	45	-	-	-	-	3.458
Villaverde 12	26.157	995.506	-	28.549	1.136	-	334.774	330.179	4.272.820
S. Catalina 131	11.616	-	-	-	195	-	-	-	34.200
San Fermín 132	-	-	-	-	52.473	-	123.705	62.550	50.729
Los Rosales 133	-	-	-	-	-	-	-	27.375	182.006
S. Cristóbal 134	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Butarque 135	-	13.018	-	-	1.791	-	2.971	48	14.540
V. Vallecas 136	5.005	-	-	719	580	-	19.560	53.851	234.375
Medio Día 13	16.621	13.018	-	719	55.039	-	146.236	143.824	515.848
San Diego 141	-	-	-	2	248	914	-	-	46.925
Picazo 142	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Portazgo 143	-	-	-	-	-	-	-	1.597	17.681
Numancia 144	4.292	-	-	-	-	-	-	22.345	17
Olivar 145	-	-	-	-	-	-	9.750	-	19
Palomeras 146	-	-	-	-	522	-	-	-	-
Vallecas 14	4.292	-	-	2	770	914	9.750	23.942	64.642
Pavones 151	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vicálvaro 152	-	39.928	-	1.416	-	-	49.572	634.405	74.403
Horcajo 153	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vinateros 154	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Marroquina 155	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Media Legua 156	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fontarrón 157	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moratálas 15	-	39.928	-	1.416	-	-	49.572	634.405	74.403
Ventas 161	-	-	-	-	-	3.680	-	1.627	486
P. Nuevo 162	58.847	-	-	1.056	835	-	7.732	980	332.131
Quintana 163	-	-	-	2.212	306	-	-	46	2.929
Concepción 164	-	-	-	-	10	-	-	-	-
San Pascual 165	14.783	33.323	-	-	19.135	14.135	185.089	-	10.671
S. Juan B. 166	-	38.449	-	-	5.216	-	118.540	-	33.028
Colina 167	-	-	-	685	-	-	-	-	838
Atalaya 168	-	-	-	-	-	-	8.050	-	-
Costillares 169	-	-	-	-	-	-	-	57.541	-
C. Lineal 16	73.630	71.772	-	3.953	25.502	18.029	319.411	60.194	380.143
Simancas 171	402.086	374.509	-	6.644	27.452	27.108	207.340	53.426	495.555
Hellín 172	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amposta 173	-	-	-	-	-	-	-	-	5
ARcos 174	-	-	-	-	-	-	-	-	-
REjas 175	-	-	-	64	7.047	-	-	650	1.376.979
Canillejas 176	4.042	-	-	-	-	-	5.648	230	564.912
Salvador 177	-	-	-	-	3.992	-	8.733	-	13.718
San Blas 17	406.128	374.509	-	6.708	38.491	27.108	221.721	54.306	2.450.669
Piovera 181	-	-	-	42	-	-	45.083	-	-
Palomas 182	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Barajas 183	36.555	473.954	-	4.489	-	115.946	-	-	578.318
Valdefuentes 184	-	-	-	-	-	-	70.466	-	-
Ap. Santiago 185	-	-	-	-	-	-	43.729	-	-
Pinar del R. 186	-	-	-	-	-	-	-	-	240
Canillas 187	-	-	-	82	810	-	-	-	-
Hortaleza 18	36.555	473.954	-	4.613	810	115.946	88.812	70.466	578.558

1. Alimentación
- 2-3. Bebidas y Tabaco
4. Textil
5. Madera y corcho
6. Papel y Artes Gráficas
7. Calzado y Confección
8. Químicas
9. Material de construcción, vidrio y cemento
10. Metales

Fuente. Elaboración personal.

806'



806<sup>2</sup>

MAPA 2 CONSUMO DE AGUA POR SECTORES INDUSTRIALES

BARRIOS CON MAS DE 20.000 m<sup>3</sup>/año

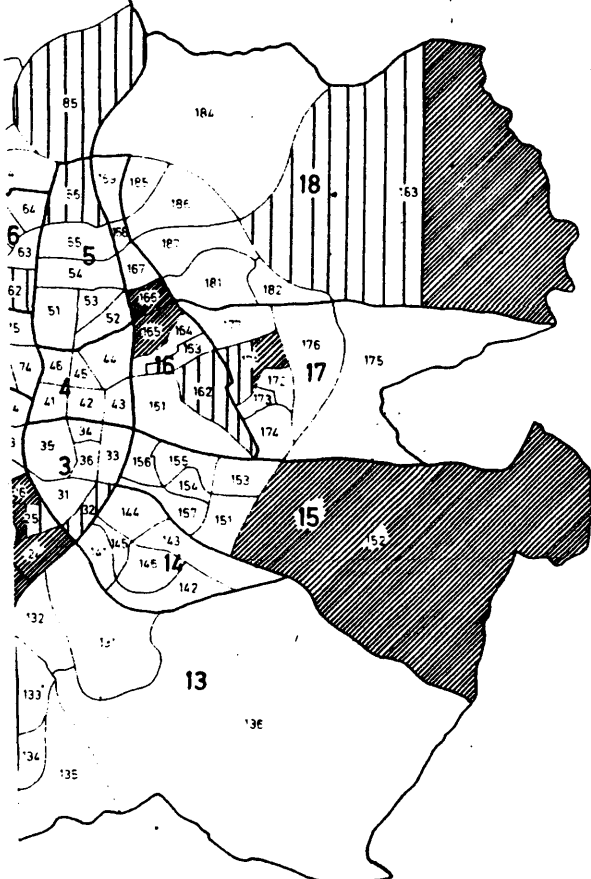


ALIMENTACION

BEBIDAS Y TABACO

TEXTIL

86





#### 9. Materiales de Construcción.

#### 10. Metálicas.

Es posible que hubiese debido eliminar alguna de las divisiones, agrupada con otra, y haber dividido las Metálicas en Básicas, Transformación y eléctricas, pero era bastante difícil hacerlo.

En el caso de la industria ha sido más fácil saber su dedicación por el propio nombre de la empresa, pero cuando venía el nombre del propietario era igualmente complicado saber que producía.

En cualquier caso, los resultados son los que ofrezco en el cuadro 3.

Por sectores; El primero de ellos es el de Alimentación; el barrio mejor dotado es Simancas, así como el distrito 2, y el barrio de Valverde, el resto de los barrios tienen pequeñas industrias de productos alimenticios. Aunque también existen almacenes de empresas alimenticias, ya que Madrid es un centro distribuidor a escala nacional.

El segundo sector es el de Bebidas y Tabaco que los agrupo, por práctica inexistencia de 2º subsector, el Tabaco, sólo aparece en el distrito 2, que más que fábrica son oficinas y almacenes. Sin embargo, el sector Bebidas está muy bien representado. En el distrito 2 de Arganzuela hay barrios como Imperial, Legazpi y Palos de Moguer con importantes fábricas de cerveza, gaseosas y refrescos.

El segundo distrito en el que el sector bebidas es importantísimo es el 12 donde están ubicadas algunas plantas embotelladoras de vinos de ámbito nacional. El resto de los establecimientos se encuentran repartidos en el barrio de

Simancas y Barajas donde aparece una importante multinacional de los refrescos. Por último, existen empresas pequeñas repartidas en los barrios industriales, pero no con el consumo de los distritos 2 y 13.

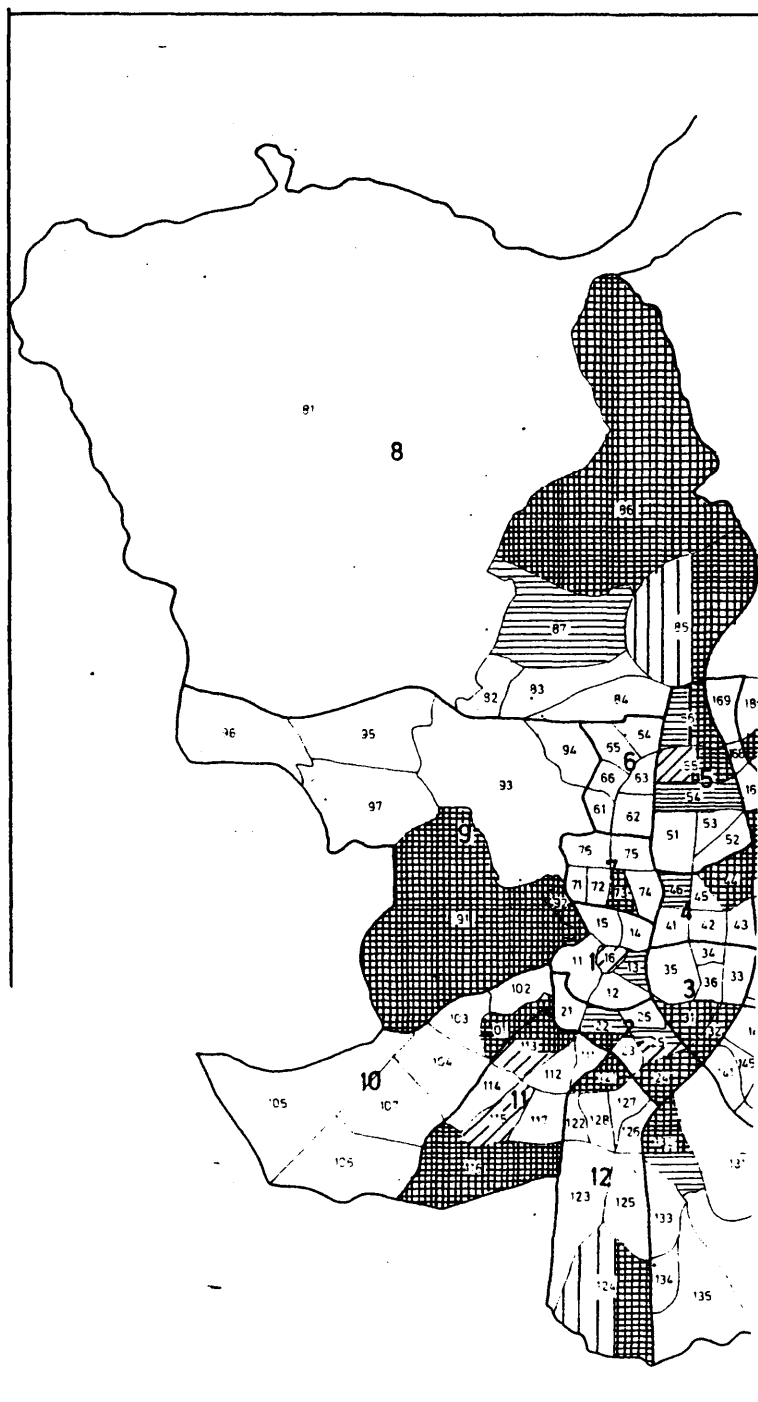
El sector Téxtil, 4, apenas aparece en Madrid, sólo existen industrias de lavado de pequeña categoría y escasa transcendencia en el sector a nivel nacional. Algo similar sucede con el sector madera y corcho, nº 5, no se superan los 20.000 m<sup>3</sup>/año más que en algunos barrios, este hecho indica que se trata de almacenes de madera o pequeños talleres de materias elaboradas o tratamientos previos; los barrios de San Andrés y Valverde son los más consumidores es este apartado.

En el sector de Papel, Prensa y Artes gráficas, nº 6, se pueden destacar dos hechos; el primero la gran cantidad de pequeñas empresas dedicadas a las artes gráficas, el segundo el gran consumo que tienen las pocas empresas papeleras existentes.

El número de empresas dedicadas a las artes gráficas es considerable, en su mayoría son pequeñas imprentas, aunque cabe destacar los periódicos; en el barrio de Cortes, en el Centro, con 44.000 m<sup>3</sup>/año; en la Castellana con 77.000 m<sup>3</sup>/año, en Castilla con 104.000 m<sup>3</sup>/año etc. Las empresas papeleras se localizan en el distrito de Arganzuela, nº 2, con un consumo, entre las dos, cercano al millón de m<sup>3</sup>/año, cifra relativamente baja para este tipo de industria.

El sector de Cuero, Calzado y Confección se encuentra muy localizado y con pocas industrias que alcancen un consumo considerable, por inexistencia del sector más consumidor que es el cuero. Se trata en su mayor parte de industrias de confección en serie, de entre las que se pueden destacar las situadas en el distrito 2, una de ellas relacionada con una

808'



808<sup>2</sup>

**MAPA 3 CONSUMO DE AGUA POR SECTORES INDUSTRIALES**

BARRIOS CON MAS DE 20.000 m<sup>3</sup>/año

MADERA Y CORCHO

PAPEL, PRENSA Y ARTES GRAFICAS

CALZADO Y CONFECCION

QUIMICAS

808<sup>2</sup>

**MAPA 3 CONSUMO DE AGUA POR SECTORES INDUSTRIALES**

BARRIOS CON MAS DE 20.000 m<sup>3</sup>/año

MADERA Y CORCHO

PAPEL, PRENSA Y ARTES GRAFICAS

CALZADO Y CONFECCION

QUIMICAS

808<sup>2</sup>

**MAPA 3 CONSUMO DE AGUA POR SECTORES INDUSTRIALES**

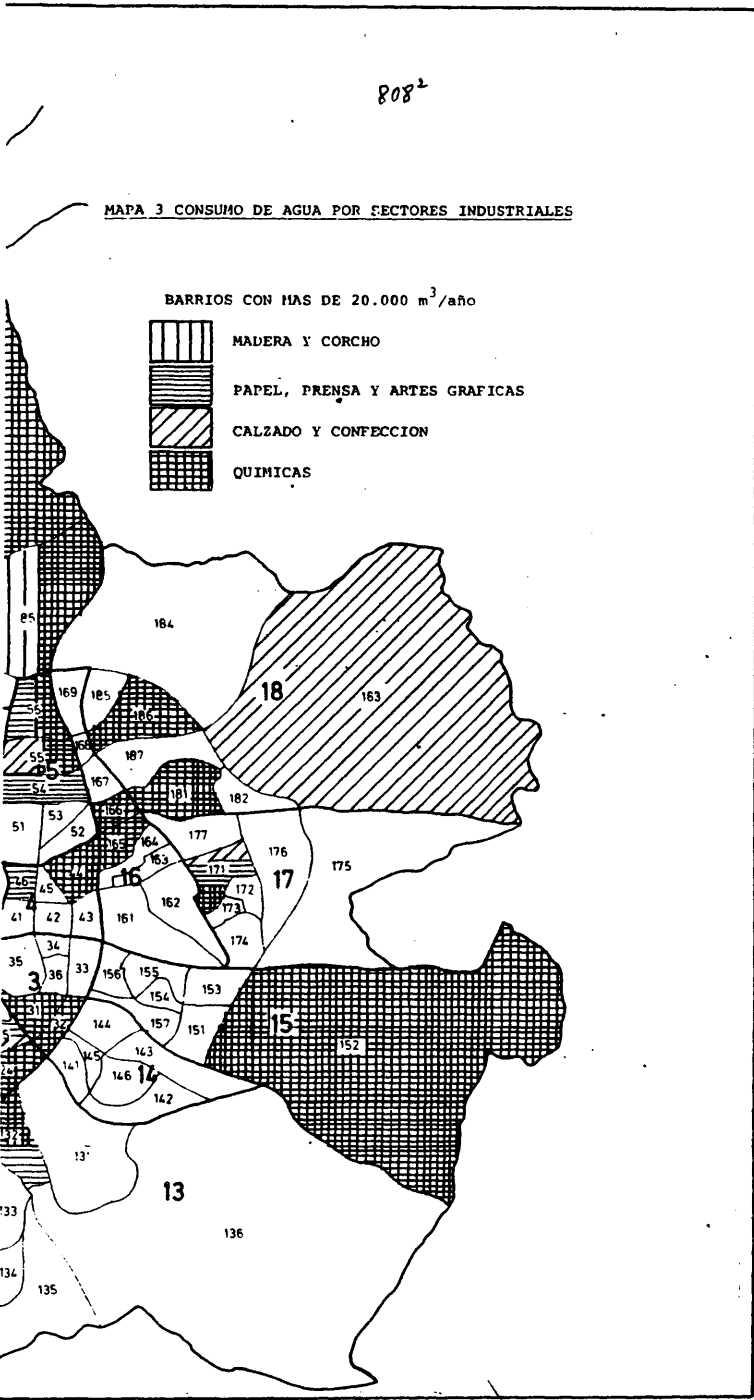
BARRIOS CON MAS DE 20.000 m<sup>3</sup>/año

MADERA Y CORCHO

PAPEL, PRENSA Y ARTES GRAFICAS

CALZADO Y CONFECCION

QUIMICAS



prestigiosa cadena de grandes almacenes y otra con una empresa catalana.

Existen dos hechos destacables en el sector de la confección, uno es la escasa capacidad de consumo de agua que tiene y otro la localización del sector, que se encuentra muy concentrado en la ciudad. En los distritos de Arganzuela, 2, Mediodía, 13, Hortaleza, 18, y Carabanchel, 11, se encuentra prácticamente todo el consumo de agua. El resto de los distritos, salvo Chamartín, no consumen más de 30.000 m<sup>3</sup>/año, cifra ciertamente insignificante. Todo el sector está en función del consumo de la ciudad, por ejemplo en el barrio de Sol existe una industria textil, que hace aparecer al barrio central del comercio madrileño como industrial.

El sector Químico es uno de los más característicos de Madrid, junto a Bebidas y Metálicas. El sector aparece en todos los barrios industriales y en otros que no lo son como Argüelles donde se ubica según mis datos una multinacional de la fotografía, o bien en la Casa de Campo, ya que en las riberas del Manzanares existe un famoso laboratorio con una función <sup>de</sup> aneja. No obstante son los barrios de los ejes industriales los que aparecen con grandes consumos de agua en este sector:

En el eje Centro-Sur, los barrios del distrito de Arganzuela, nº 2, con una prolongación en el distrito 3, en los barrios de Pacífico y Adelfas. Villaverde-Mediodía son los de mayor consumo, le sigue en importancia el eje Este, con los barrios de Simancas, San Pascual, San Juan Bautista, Vicálvaro, etc. Por último el eje Norte, con Valverde, El Goloso, así como Castilla y Nueva España. En el resto de los barrios el consumo de agua en este sector no es importante, ya que se encuentran pequeñas empresas de productos químicos, como pinturas, barnices, etc, o algún laboratorio aislado. He de reseñar no obstante algo que ya

indiqué, que es el barrio de Guindalera, y particularmente la calle Azcona con algunos laboratorios de cierta importancia.

El sector de Materiales de Construcción vidrio y cerámica, nº 9, es fundamentalmente periférico, sólo aparece en el Este, bien porque las arcillas permitan las cerámicas, bien porque los yesos hagan aparecer yeserías, en cualquier caso, es un sector periférico, en retirada según se va acercando la edificación en ellos.

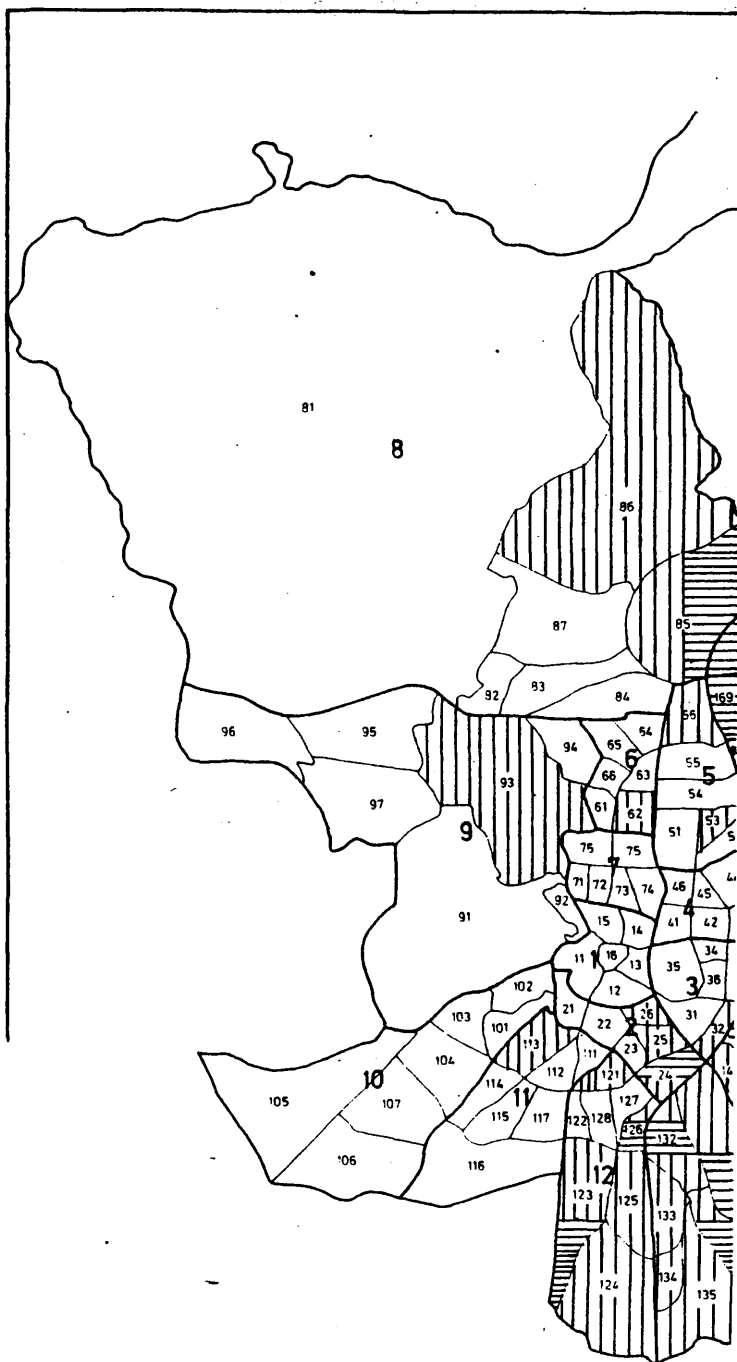
El barrio más consumidor de agua es sin duda Vicálvaro, en una zona en la que aparecen los yesos y arcillas que son aprovechadas para fabricar materiales de construcción, existen también fabricas de Hormigón y Fibrocementos así como fabricas de mosaicos.

Valverde en el Norte es el segundo barrio consumidor, también se debe a la fabricación de hormigones y morteros. El tercer barrio es Orcasitas con una fábrica de ladrillos y un taller cerámico, así como Carolinas con una industria de vidrios. En el resto de los barrios la importancia de las cerámicas es menor. Es de destacar que Vallecas ha perdido la hegemonía que tenía en la ubicación, dentro de sus límites, de cerámicas, que en su mayor parte han sido sustituidas por edificaciones, aún así, la Villa de Vallecas tiene un consumo relativamente importante en el sector.

El último de los sectores es el de las industrias metálicas. Sin duda el más importante de la ciudad, ya que el que aparece en todos los barrios, aunque no en todos alcanza un gran consumo.

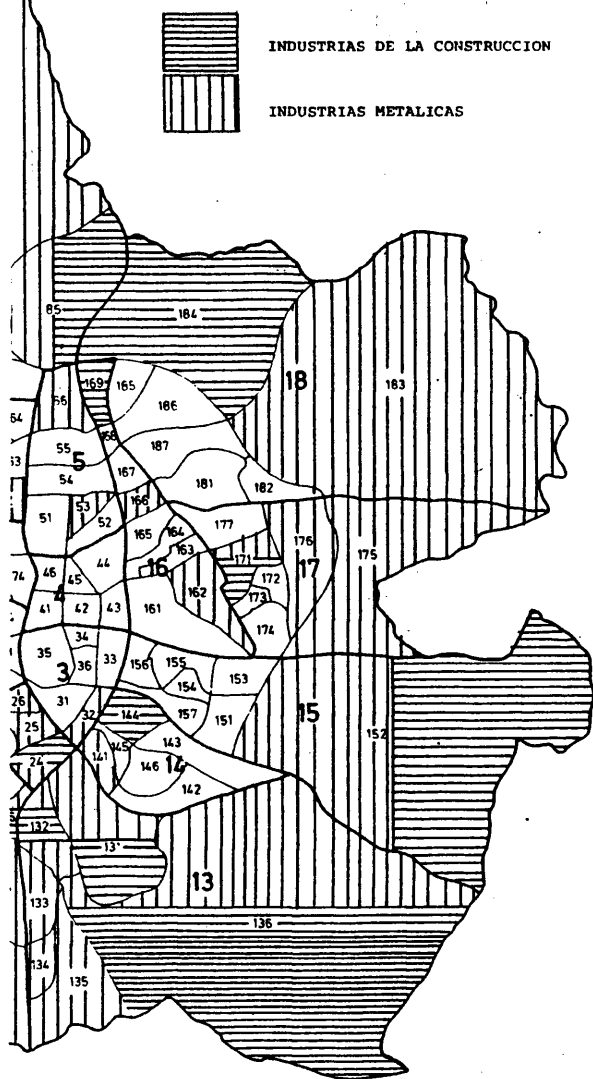
Por lo que respecta a su localización se encuentra ubicado el mayor consumo en el Sur y en el Este, en el pri-

810'



810<sup>2</sup>

MAPA 4 CONSUMO DE AGUA POR SECTORES INDUSTRIALES





mer caso se encuentra Talbot, fabricante de automóviles y en segundo caso, se encuentra ENASA, la segunda fábrica de vehículos de nuestra ciudad. En el mapa 4 se puede apreciar la distribución del sector en Madrid y la importancia de eje sur, no sólo por la fábrica citada, sino porque existen una multitud de pequeños talleres y algunas grandes fábricas de productos electrónicos.

El eje industrial del Norte es bastante menos importante que los anteriormente citados.

En resumen la industria madrileña tiene tres sectores muy consumidores y son las industrias metálicas y eléctricas, el sector de bebidas y el sector químico, con dos apéndices, que son Papel, Prensa y Artes gráficas y Alimentación, tal como se aprecia en el cuadro 4.

Cuadro 4. Valores porcentuales por consumo sectoriales en la Industria.

Industria	Consumo según muestra Tradición	% sobre el total
1. Alimentación	1.181.945 m <sup>3</sup> /año	4,89
1.2. Bebidas-Tabaco	6.576.556 "	27,23
4. Textil	79.616 "	0,33
5. Madera y Corcho	80.787 "	0,33
6. Papel, Prensa y Artes Gráficas	1.293.027 "	5,35
7. Calzado y Confección	551.198 "	2,28
8. Químicos	2.944.192 "	12,19
9. Materiales de Construc- ción, vidrio y cemento	1.698.357 "	7,03
10. Metálicas	9.745.921 "	40,35
Total	24.151.599 "	100

Hay que hacer constar que se trata de unas muestras, no son consumo total, sino una aproximación a la industria. Aunque por lo exiguo de los volúmenes, puedo confirmar mi hipótesis de partida, y es que Madrid no es un centro industrial que consuma volúmenes importantes de agua, ya que 24 Hm<sup>3</sup>/año es una cifra ciertamente pequeña para un gran centro industrial.

Aunque sea una comparación difícil, y simplemente para apreciar algunas variables del consumo madrileño, he utilizado datos porcentuales de consumo de agua industrial en Alemania, basado en datos de Meinek, Stoof y Kohlschutter recogidos por Bethemont, J. en "De L'eau et des Hommes". Bordas. París, 1.977. pág 23 según estos autores los datos porcentuales son:

<u>Sector de Actividad</u>	<u>%</u>
Química	31,4
Siderurgia	16,5
Madera y Papel	12,9
Hulla y Lignito	8,4
Alimentación	7,2
Refino-Petróleo	5,7
Textiles y Confección	4,1
Canteras	2,1
Alambres y Laminación	1,7
Metales	1,5
Minas Metálicas	1,3
Construcción, electricas y	
Mecánicas	0,9
Construcción Máquinas	3,7
Vidrios y Cerámica	0,5
Cobre y Aluminio	0,4
Construcción aérea y naval	0,4

813.

El sector bebidas es una variable industrial que sólo aparece en nuestra ciudad con altos porcentajes, ya que como he dicho en otros puntos el agua de Madrid es un factor de localización por la calidad y por la falta de dureza que la hace imprescindible en procesos de lavado y embotellado, así como de fabricación de refrescos.

4 .3.- Estado sanitario de las aguas que abastecen Madrid:  
Contaminación, previsión y control.

Dentro de los apartados del consumo de agua uno de los aspectos fundamentales es el estado sanitario. Quisiera, no obstante comenzar con unas reflexiones acerca de la sanidad del agua en general.

La primera de ellas, es discutir un hecho. ¿Qué es más importante la calidad o la cantidad?. De todos es sabido, que lo primero que se piensa en el abastecimiento de agua a un núcleo es la cantidad. He dicho ya que los romanos se fijaban siempre en ello; las civilizaciones de la antigüedad se asentaban donde había agua abundante, es más, incluso es evidente que si sólo consumimos uno o dos litros diarios de agua para beber, no importará tanto la calidad como la cantidad. Por ello en cualquier tipo de planeamiento en el que el tema del agua sea fundamental, el primer enfoque debe ser procurar un abastecimiento abundante, a ser posible en exceso, aunque claro está, el agua ha de tener unas características, que si bien no sean perfectas, sean fácil y rentablemente corregibles. Con todo, se plantean en el futuro, (1) varios problemas. Uno de ellos, es que el agua es puntual. Es decir, no se reparte de forma homogénea en el mundo, y segundo, a las posibilidades de consumo hay que restarle el agua utilizada y no depurada, es decir, el agua contaminada, de modo que la demanda de agua debe predecir, además de las cantidades excesivas, citadas con anterioridad, un valor superior que permita diluir los contaminantes hasta un nivel aceptable. Como el agua es puntual, el problema que se plantea en los países áridos o semiáridos es considerable, ya que con recursos hídricos escasos tienen

que hacer frente a los problemas de la contaminación, con lo que el agua se convierte en un factor limitante del desarrollo económico. De todo esto se deduce que es preciso un aprovechamiento integral del agua, es decir, que se utilice no sólo para abastecer a las ciudades, sino también que una vez utilizado sea reutilizado en el riego (2) y vuelto a embalsar y depurar sea utilizado con fines hidroeléctricos, como elemento de ocio, pesca, recreo, navegación, belleza natural, y que además se almacene en acuíferos estancos como hacen en Israel con las aguas residuales, una vez depurado por medios físicos, químicos y biológicos. En definitiva se impone una visión global del aprovechamiento de la gestión del agua que no puede abordarse (3) desde la perspectiva fragmentaria de cualquiera de los aspectos que le condicionan (técnicos, económicos, etc.) ni tampoco referido a un ámbito local, sino que ha de ser contemplado en el contexto de la protección integrada de los recursos naturales a escala regional, e incluso interregional en el marco más amplio de la ordenación territorial, con una visión global de la gestión del agua. En España, los problemas de abastecimiento de agua y saneamiento deben ser prioritarios dentro de la política hidráulico-sanitaria nacional y, para su resolución eficaz urge una planificación a largo plazo conforme con este enfoque, al servicio de objetivos de desarrollo integral del país, ello sin perjuicio de que emprenda sin más demora una acción enérgica para solucionar los problemas puntuales que revisten una mayor gravedad desde el punto social y ecológico.

Es evidente que se necesita una política integral del agua que permita en nuestro país, dadas sus condiciones de semiaridez un aprovechamiento total de un recurso escaso, donde no sólo existan tipos de depuración física o química sino incluso biológica, con la vigilancia en las cuencas de determinados vertidos particularmente químicos e industriales, que hacen que la mayor parte de los ríos sean irre recuperables aguas abajo. El hecho de que las aguas que han sido contaminadas por estos vertidos se utilicen posteriormente para usos domésticos, es

quizá el aspecto que reviste de mayor urgencia la necesidad de dar solución a estos problemas.

El Canal es un organismo autónomo del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo que se ocupa de un hecho doble, por un lado de que el agua que llega a Madrid venga en las condiciones sanitarias de garantía, de este modo depura el agua en varias estaciones de tratamiento, por otro lado se ocupa de cobrar el canon para el Plan de Saneamiento Integral y el plan General de Estaciones Depuradoras, inaugurado en 1981, para que el agua no vaya contaminada aguas abajo. Este último hecho es reciente, por lo que los resultados de esta política, puesta en práctica en 1977, no son todavía visibles. Sin embargo, la dirección del Canal, por lo que afecta a sus cuencas, tiene en estos momentos un motivo de preocupación expresado por su director. "El otro grave ataque por parte del medio ambiente, del que hay que proteger a los abastecimientos de poblaciones, es el de la contaminación ocasional o permanente de sus aguas, tanto superficiales como profundas. El pulmón natural de una gran urbe como Madrid está en las montañas que le rodean, en las que se encuentran también situados los embalses que aseguran su abastecimiento de agua. La huida semanal y en vacaciones que se hace a la sierra es ya costumbre generalizada y afortunadamente al alcance de la mayoría de los ciudadanos. Se produce una apetencia natural hacia la utilización recreativa de los embalses de abastecimiento, cuya utilización regula acertadamente la legislación vigente, orientada a impedir la contaminación de las aguas desde el punto de vista sanitario, y ello apesar de que las estaciones de tratamiento, previas a la red de distribución, deben asegurar la total potabilidad de las aguas del abastecimiento. Esta legislación permite el establecimiento de restricciones en los usos recreativos de los embalses, según sean o no de toma directa, y establece, además, una zona de policía en todo el perímetro del embalse con limitaciones en la distancia de edi-

ficación y rigurosas previsiones sobre vertidos de aguas residuales. Sin embargo, la mencionada legislación está pensada desde el punto de vista de la protección de las aguas contra la contaminación meramente puntual, generada por los distintos tipos de aprovechamientos recreativos posibles o por establecimientos residenciales aislados en las proximidades de los embalses. No contempla, sin embargo, el peligro que supone la proliferación de asentamientos, aún cuando sean tan sólo de fin de semana o vacaciones, dentro de la cuenca vertiente de los embalses. origen de considerables incrementos de población, cuyas aguas residuales vierten en un punto u otro de la cuenca receptora del embalse".

Esta preocupación de la dirección del Canal es compartida por todos los madrileños, ya que no sólo son los vertidos de la multitud de urbanizaciones que pueblan la zona sino también los abonos y fertilizantes que se filtran o llegan por escorrentía a los embalses, los residuos de las granjas de ganado mayor, los vertidos industriales, que aunque en la cuenca de recepción es prácticamente muy baja existen, por ejemplo, Collado-Villalba, además de la cantidad ingente de basuras que se arrojan en los arroyos y riachuelos de cabecera por los miles de excursionistas que visitan la sierra al año.

Particularmente importantes son los diversos procesos de contaminación que afectan a los ríos que abastecen a Madrid que podríamos situar en un triple aspecto urbano, pueblos y urbanizaciones, rural, y en menor medida industrial.

La contaminación urbana está compuesta por las llamadas aguas negras en cuya composición entran (5):

Vegetales: espermatofitos, ficofitos, bacteriofitos.

Animales: Cordados, metazoarios, triblásticos entre los que se encuentran artrópodos, anélidos y rotíferos. Protozoarios, entre los que se encuentran los rizópodos, flagelados y ciliados.

Mohos: Mucor, oidium, aspergillus, penicillinum, etc.

Bacterias de dos clases: parásitas; son fundamentales porque producen graves enfermedades, tifus, cólera, disentería, etc.; y saprófitas que provocan descomposiciones fundamentales en los procesos de depuración.

Virus: el único interés que tienen los virus en las aguas residuales negras es por su acción nociva como agentes productores de enfermedades, por ejemplo hepatitis, cosa a tener en cuenta en los tratamientos en las estaciones depuradoras. A estas aguas hay que sumarles las contaminaciones agrarias e industriales, que como todos sabemos son imposible de eliminar en el proceso depurador natural de un río, ya que llevan componentes químicos y metálicos de difícil asimilación y los convierten en verdaderas cloacas industriales. Afortunadamente para Madrid el proceso no se produce aguas arriba donde la industria y la agricultura son escasas. Se produce en nuestra ciudad, con perjuicio para Toledo y Cáceres. Pero es que en la actualidad a los residuos urbanos, que los ríos pueden depurar de forma natural, se le han añadido los detergentes que aumentan el problema de la absorción por los ríos de las aguas residuales.

El problema para Madrid está en vías de solución, por decreto de 25 de enero de 1.968, ya que el M.O.P.U. ha facultado al Canal de Isabel II para que se ocupe de la depuración de las aguas residuales de los pueblos situados en las cuencas que vierten a sus embalses (6), ya que la mayoría de ellos no depuraban sus aguas residuales. No obstante, y a pesar de la extensa legislación, sobre el tema de las aguas residuales los ríos madrileños continúan llevando una carga de contaminantes excesiva. Las leyes que protegen a nuestros ríos son muy completas: en primer lugar está la ley de aguas de 13 de junio de 1.879 en los artículos 219 y 220 prohíbe comunicar a las aguas sustancias o propiedades nocivas a la salubridad o a la vegetación, otorgando facultades de reconocimiento y suspensión de



la actividad industrial al gobernador de la provincia, fue completado por Real Decreto de 21 de marzo de 1.895, También el Real Decreto de 18 de noviembre de 1.900, en los artículos 1, 5 y 12, reglamenta la actividad de minas e industria que supongan enturbiamiento o infección de aguas públicas. Este decreto fue ampliado por Decreto de 12 de mayo de 1.905, por circular prohibiendo la descarga de residuos de fuel-oil o aceites pesados diesel de 27 de julio de 1.925. También fue completado por el Decreto promulgando normas para el control de las industrias minero-metalúrgicas de 23 de agosto de 1.934. Se exige la depuración de las aguas de las industrias en la Ley de Pesca Fluvial de 20 de febrero de 1.942, modificado por ley de julio de 1.949 y por el Reglamento de 6 de abril de 1.943, Decreto de 2 de mayo de 1.943. Esta legislación fue completada por el Decreto de aguas protegidas de 1.953 y por el Decreto promulgando normas para la policía de aguas de 14 de diciembre de 1.958, completado por orden regulando el vertido de aguas residuales de 4 de septiembre de 1.959. Esta ley es la que ha hecho mas hincapié en el fenómeno de la contaminación, ya que con un contenido más pragmático divide los ríos nacionales en cuatro grupos: 1º) ríos protegidos: cuando de ellos se derivan aguas potables. 2º) ríos vigilados: cuando sus aguas se utilizan en usos distinto del grupo primero que pudieran perjudicarse por la polución. 3º) ríos normales: con aguas aún utilizables para cualquier uso no comprendido en los grupos precedentes. 4º) ríos industriales: cuyas aguas no son aprovechables después de los vertidos. (parece que se ha olvidado el perjuicio resultante para el mar de la aportación continua de tales vertidos).

Y establece las siguientes características exigidas a los vertidos:

Color..... menos de 30 mg./litros en Pt.  
 Olor ..... ninguno  
 Temperatura ..... menor de 25°C, en ríos salmoneros menor de 20°C.

pH .....	entre 5,3 y 9
Turbiedad .....	de 1,5 a 4° de sílice
Dureza .....	menos de 3° f.
Materias en suspensión	menos de 100 mgr/l.
Resistividad a 18°c...	mayor de 750 ohm/cm <sup>3</sup> /cm
Agresividad.....	indicios
DBO <sub>5</sub> .....	menos de 40 ppm.
Nitrógeno NH <sub>3</sub> .....	menos de un miligramo/litro
Nitrógeno NO <sub>3</sub> .....	Menos de 200 mg/l.
Cloruros (Cl) .....	menos de 400 mg/l.
Arsénico (As).....	menos de 4 mg/l.
Cromo (Cr) .....	menos de 0,2 mg/l.
Cianuros libres (CN)..	menos de 0,1 mg/l.
Fluoruros .....	menos de 10 mg/l.
Plomo (Pb) .....	menos de 0,5 mg/l.
Selenio (Se) .....	menos de 0,4 mg/l.
Cobre (Cu) .....	menos de 3
Manganeso (Mn).....	menos de 0,4 mg/l.
Hierro (Fe) .....	menos de 5 mg/l.
Cinc (Zn) .....	menos de 15 mg./l.
Putrescibilidad:	sin decolorar el azul de metileno a los cinco días
Demanda química de oxígeno (O <sub>2</sub> )....	menos de 4 mg/l.
Fenoles .....	menos de 0,002 mg./l.
Aceites y grasas .....	indicios
Características biológicas:	exenta de gérmenes patógenos de carbun-
	co bacteriano, carbunco sintomático,
	tuberculosis, tifus y paratifus.
Agua destinada a regadíos:	DBO <sub>5</sub> .. menos de 15 mg/l.
	sólidos.. menos de 60 mg/l.

Estas características, que dudo que se cumplan no son todo en cuanto a la depuración biológica de los ríos. Debería establecerse el poder autodepurador del río mismo tal como señala Seoáñez. Este autor hace un cuadro, que titula "Evolución de una biocenosis ante un vertido" sobre el poder autodepurador de un río (apéndice) cuando los vertidos son de tipo orgánico, pero señalan que el proceso se aleja de la realidad cada vez más frecuentemente,

Los vertidos no son exclusivamente aguas con material orgánico simple, sino que amenudo contienen gérmenes patógenos y virus que no se eliminan durante el proceso de autodepuración. A esto habrá que añadir los vertidos de origen industrial que pueden contener compuestos metálicos u otros de naturaleza no totalmente orgánica y que afectan gravemente a la autodepuración. El resultado, es que después de un vertido real unos kilómetros aguas abajo del curso de agua afectado las aguas no aparecen totalmente depuradas, sino que suelen contener gérmenes, (colibacilos, por ejemplo), metales, y toda la gama de residuos no reciclados por la industria. La solución a este problema estaría en el reciclado del agua, tal como se señaló en el Simposio del agua en la industria en 1.978, pero ante las quejas de los industriales, ya que el proceso es muy costoso, convendría clasificar las industrias por el grado de contaminación y obligarlas, por lo menos, a una depuración con tratamientos previos, primarios, y en última instancia secundarios si la industria fuese muy contaminante, teniendo el Estado la obligación de depurar el proceso terciario. Para mí el carbón activado es el mejor sistema y además se está introduciendo en estos momentos en España. Ahora bien, ante las quejas de los industriales de que los costes de tratamiento de aguas encarecen el producto, se puede argumentar con los datos que Gómez de Pablos (10) recoge de la OCDE referente a la incidencia de los coste de tratamiento de aguas residuales sobre ciertas industrias en valores porcentuales y la incidencia de un aumento del 5% en los salarios.

INCIDENCIA DE LOS COSTES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SOBRE CIERTAS INDUSTRIAS		
	% del valor en venta (1967)	Incidencia de un aumento de 5 % en salarios
Productos alimenticios .....	0,3	0,6
Textiles .....	0,4	1,1
Papel .....	1,6	1,1
Productos químicos .....	1,0	0,8
Petróleo .....	0,5	0,3
Plásticos .....	0,2	1,3
Metales de base .....	0,9	1,1
Maquinaria (no eléctrica) .....	0,1	1,5
Material de transporte .....	0,2	1,1

Estos datos nos llevan a considerar que los costes de tratamiento de agua, aunque elevados, son en general bastante inferiores a lo que se piensa, no cuesta tanto poner algún sistema de depuración y el beneficio general para las cuencas es notable.

La Orden Ministerial de 4 de septiembre de 1.959 se complementó con la Orden Ministerial de 9 de octubre de 1.962, el Reglamento de policía de agua y sus cauces con una legislación específica para los ríos guipuzcoanos en 1.973 y con la ley de aguas actual, además del Reglamento de actividades insalubres, nocivas y peligrosas aprobado por decreto 2.414/1.961 de 30 de noviembre. El Reglamento de policía de aguas y sus cauces fue modificado por Decreto 1.375/1.972 de 25 de mayo.

De cualquier forma las aguas residuales han de tener unos tratamientos tal como indica Mariano Seoáñez (11):

- 1) Tratamientos previos: a) rejas y cribas, b) tamices o crivas de malla fina, c) desmenuzadores, d) desarenadores, e) separadores de grasas y aceites, f) tanques de preaireación, g) aliviaderos.
- 2) Tratamientos primarios: sedimentación de sólidos por procedimientos físicos, químicos y biológicos.
  - A) Fosas sépticas
  - B) Tanques de doble acción; con sedimentación, digestión de lodos y respiradero.
  - C) Tanques de sedimentación.
  - D) Filtración
  - E) Tratamientos químicos con reactivos como: a) cal, b) sales de hierro, c) sales de aluminio, d) pulpa de papel, e) caolín, f) arcilla, g) productos orgánicos, como polímeros, aminas y poliacridamidas, h) mezclas (sal de hierro + pulpa de papel + cal) ó (cloruro férrico + sulfato férrico + cemento +caolín) ó (Arcilla + agua de cal).

## 3) Tratamientos secundarios

- 1) Lechos bacterianos.
- 2) Lodos activados
- 3) Lagunas de estabilización; lagunas anaerobias y aerobias.
- 4) Tratamiento de lodos.
- 5) Digestión de lodos.
- 6) Otros procesos. Espesamiento, secado, precipitación y coagulación, lavado, filtración, centrifugación, incineración, utilización agraria de lodos, etc.

## 4) Tratamientos terciarios.

Se denominan tratamientos terciarios a las modificaciones que se provocan en las aguas residuales tratadas previamente con otros sistemas que, por diversas causas necesitan pulido antes de ser vertidas a los cursos de agua, de ser simplemente recicladas o de ser utilizadas de cualquier otra forma. La contaminación bacteriológica y microbiana en general no suele ser eliminada mediante tratamientos primarios y secundarios, y ciertas sales minerales permanecen todavía en el efluente, a pesar de los tratamientos, con lo que pueden verse afectados posibles reciclados agrarios, urbanos o industriales.

Procesos:

Cloración.- Si se agrega cloro en pequeñas cantidades a un agua residual, el elemento reacciona con los compuestos reductores presentes. Si la cantidad de cloro es algo mayor formará con la materia orgánica existente, compuestos orgánicos clorados. Si la adición de cloro es por fin suficiente, el exceso sobrante de reaccionar con los reductores y con parte de la materia orgánica actuará sobre el amoníaco y otros compuestos nitrogenados produciendo cloraminas y productos claramente desinfectantes. El nivel de efectividad del cloro es muy alto (en 10 minutos, 0,1 mgr. de cloro/litro destruyen  $3^6$  gérmenes), pero ciertos microcontaminantes y ciertos virus no son inactivados por este elemento, por lo que en ciertos países, se prefieren los

tratamientos a base de ozono. La actuación del cloro, esterilizante no es bien conocida, y existen teorías como la del oxígeno naciente, la de la radiación o la química, que tratan de razonarlas con más o menos éxito. En la actualidad existe una corriente de investigadores que piensa que el cloro puede ser un elemento cancerígeno.

Ozonización.- Se basa el sistema en la oxidación directa o catalítica que produce la adición de ozono al agua. La acción bacterizada sería un proceso catalítico de oxidación de las proteínas de origen bacteriano. Así mismo actúa sobre virus y plancton. El ozono elimina olores y decolora el agua, bajando al mismo tiempo la  $\text{DBO}_5$  y el COT. Se obtiene a gran escala por descarga eléctrica (en el aire o en el oxígeno), este deberá ser reciclado o depurado, puesto que el método es así más económico.

Tratamientos con carbón activo.- Actúa como catalizador y reduce la DBO de 100 a 10 mgr./l. Retiene metales y halógenos.

En cierta forma se vuelve al problema de la depuración, Si cualquier industria que utiliza agua en sus procesos industriales tuviese que realizar un pretratamiento y los tratamientos primario, secundario y terciario, los costos de producción se incrementarían de forma considerable, y la industria madrileña que es de tipo medio o pequeño vería encarecido de forma considerable el producto final y haciendo que éste no fuese competitivo. De ahí surge la demanda de una legislación, que en algunos casos permitiese sólo el tratamiento previo o el primario, incluso el tratamiento secundario; lodos activados u otro proceso similar para industrias determinadas muy contaminantes, esto haría que, junto con una policía de aguas de tipo ejecutivo, que estableciera la depuración de tipo general, con participación del sector público, no sucediera lo que nos aparece hoy, que con una legislación perfecta, el cumplimiento es mínimo, tal como se puede ver por ejemplo, en el río Tago a su paso por Aranjuez o Toledo.

Como se puede ver en el cuadro de la comunidad europea (12) en una zona del Reino Unido, los costos de depuración pueden ser notablemente gravosos para las economías de las empresas: por ejemplo, una empresa de bebidas madrileña que consume 2,5 millones de metros cúbicos de agua/año pagaría 97.375 libras esterlinas que suponen en pts. (aproximadamente 180/libra) 17 millones de pts. Esto supone un añadido importante en los costes de producción.

Conviene por tanto depurar el agua, ya que incluso para las aguas industriales o de riego de Madrid se pueden obtener con calidad y garantía a partir de aguas depuradas, usadas en el abastecimiento a la población (13). Tal como afirman Pita y del Olmo: "la situación de Madrid es tal que el ritmo de crecimiento de la población se verá obligado a localizar nuevos recursos de agua a grandes distancias, pensándose ya en el aprovechamiento de algunos afluentes del Duero. Por otro lado se estima que el volumen industrial consumido en Madrid puede alcanzar el 25 e incluso el 35% del volumen total de agua, independientemente del agua utilizada por el Ayuntamiento para fines no tan industriales como son la limpieza diaria y riegos de jardines. De las consideraciones anteriores el ayuntamiento de Madrid investiga en el momento actual la posibilidad de un tratamiento terciario para las aguas residuales depuradas biológicamente, y su utilización en segundo ciclo de limpieza diaria, riego de parques y jardines y consumos industriales. Las experiencias efectuadas hasta la fecha señalan dosis de coagulantes necesarias para una floculación correcta, comprendida entre 15 y 30 P.P.M., que representa una cifra no muy importante desde el punto de vista económico para la obtención de aguas reutilizadas. El esquema previsto en el momento actual consistiría en una floculación, filtración rápida, ozonización y dosificación de cloro residual. Con el proceso anterior se puede conseguir dotar a Madrid de los caudales de agua suficientes para su abastecimiento hasta el año 2.010, al ritmo de crecimiento previsto, sin necesidad de recurrir a nuevos recursos

BAREMO DE TARIFICACION DE LOS EFLUENTES APLICADOS POR EL SERVICIO DE AGUAS  
RESIDUALES DEL WEST HERTFORDSHIRE. 1.968-69

Origen del efluente	Número de efluentes	Número de efluentes pagando el canon mínimo por tratamiento biológico	Mínimo y máximo del canon por tratamiento biológico en libras 1.000 m <sup>3</sup>	Mínimo y máximo del canon por eliminación de sólidos en libras 1.000 m <sup>3</sup>	Canon total máximo en libras por 1.000 m <sup>3</sup>
cervecera, vinos y bebidas no alcohólicas	6	1	1,99-14,77	2,33-29,33	38,95
productos químicos y farmacéuticos	20	8	1,99-459,7	0,44-45,98	492,6
tintes e impresión e textiles	3	1	1,99-21,09	4,23-23,94	47,35
industrias mecánicas: alvanoplastia	28	27	1,99-6,05	0,05-11,28	15,59
tras industrias mecánicas	51	43	1,99-193,7	0,03-31,13	200,83
velado de películas fotográficas	19	17	1,99-3,73	0,00-7,21	11,51
alimentación y confitería	20	7	1,99-56,64	0,10-47,86	78,19
reducción de gas	8	5	1,99-227,6	0,83-9,46	233,25
laboratorios	12	12	1,99	0,49-7,11	11,42
fabricación y transformación de papel	8	7	1,99-30,77	1,99-201-5	203,5
imprentas	17	11	1,99-33,60	0,00-13,66	36,75
mataderos	6	0	8,06-75,54	4,73-23,54	86,59
ceras	35	19	1,99-26,38	0,61-45,57	50,94
ranjas lecheras	15	4	1,99-17,78	0,96-32-81	52,8
ranjas porcinas	7	0	6,06-96,43	4,04-225,7	258,62
diversos	36	25	1,99-35,39	0,00-35,53	73,24
Total	291	187			
aguas residuales			4,63	10,87	17,82 media

fuente: Wodd M.R. Métodos óptimos de tratamiento combinado de aguas residuales domésticas e industriales. Comité de los problemas del agua. Comunidad Económica Europea. Documentos de trabajo 19-20, pág. 39.



de agua trasvasados, con sus grandes costos de primera instalación y explotación. A efectos comparativos, y desde el punto de vista económico, puede decirse que se consumirían los nuevos volúmenes, a reutilizar dentro de la cantidad necesaria y de las normas sanitarias, por un precio inferior a 3,50 pts./m<sup>3</sup> contra las 17 o 18 pts./m<sup>3</sup> que realmente representaría el trasvase. Es decir, que la técnica actual, teniendo en cuenta la escasez de recursos de agua debe dirigirse hacia la reutilización por escalón, es decir, primero para usos industriales y riegos, y habrá que ir pensando más hacia el futuro en una reutilización, incluso para abastecimiento como agua potable."

Pienso que sería más sencillo no sobrecargar más a nuestra congestionada ciudad, con el establecimiento de una doble red de distribución de agua, una de recicladas y otra de normales, de nuevas industrias, etc., y tratar de crear en el eje del Tajo polígonos industriales de descongestión y en otras zonas cercanas, por ejemplo, eje Avila-Segovia-Aranda, con recursos hídricos propios, o en el eje del Henares, con aumento de dotaciones de las cuencas propias. De forma que las aguas depuradas de Madrid no sean utilizadas en nuestra ciudad, tal como afirma Pita y del Olmo, sino en el eje del Tajo. Mientras que los posibles déficits madrileños sean suplidos con agua subterránea y ampliación en otras cuencas de nuevos embalses, o simplemente en las mismas cuencas realizar los embalses proyectados, por ejemplo, Jarama medio.

Para mí es más importante en estos momentos de crisis sentar nuevas bases de planificación territorial que seguir añadiendo problemas a los ya existentes.

NOTAS (4.3)

- (1) AMBROGGI, R.P.: "Agua". En Desarrollo Económico. Rvta. de Investigación y Ciencia. Scientific American. Barcelona, Nov, 1.980. Págs. 65-77.
- (2) GONZALEZ DEL TANAGO, M.: "Estudio biológico de las aguas para su planificación". Coloquio Nacional sobre ordenación territorial. MOPU, Madrid, 1.978.
- (3) ALONSO ALVARO, D.: "La problemática española de abastecimiento de agua y saneamiento en el marco de la ordenación territorial". Coloquio Nacional sobre Ordenación del Territorio. MOPU, Madrid, 1.978.
- (4) URBISTONDO, R.: "El abastecimiento de agua a Madrid. Boletín de la Real Sociedad Geographica". Enero-diciembre, 1.977. págs. 140-172.
- (5) SEOANEZ, CALVO, M.: "La contaminación ambiental". Instituto de Criminología. Univ. Complutense. Madrid, 1.978. Págs. 143- y ss.
- (6) DIARIO "EL PAIS": "5 de abril de 1.978".
- (7) SEOANEZ CALVO, M. y RODRIGUEZ RAMOS, L.: "La contaminación ambiental". Op. cit. Págs. 243-244.
- (8) FERRERO, J.M.: "Depuración biológica de las aguas". Alambra, Madrid, 1.974. Págs. 10.  
Aranzadi, M.: Diccionario de legislación. Volúmenes 1, 10, 12, 13, 14 y apéndices.
- (9) SEOANEZ CALVO, M. y RODRIGUEZ RAMOS, L.: "La contaminación ambiental". Op. cit. págs. 154-155.
- (10) GOMEZ DE PABLOS, M.: "La protección de las aguas públicas." Revista de Obras Públicas, Madrid. diciembre, 1.972. págs. 912.
- (11) SEOANEZ CALVO, M. y RODRIGUEZ RAMOS, L.: "La contaminación ambiental". Op. cit. Pág. 159 y ss.
- (12) WOOD, M.R.: "Métodos óptimos de tratamiento combinado de aguas residuales domésticas e industriales". Comité de los problemas del agua. C.E.E. Documento de trabajo 19-20, pág. 39.
- (13) PITA RAMUDO, L. y OLMO MALLOL, R. del: "Aguas residuales". Revista medio ambiente. n° 1. Madrid, 1.976, Madrid, pág. 80.

EVOLUCION DE UNA BIOCENOSIS ANTE UN VERTIDO

Medio	Fauna	Flora
Agua no contaminada.	Ictiofauna normal, rotíferos, crustáceos, larvas de Perlidae, Ephemera, Nemura, Heptagenia, Trichoptera, Coleópteros en general, larvas de Dípteros, Moluscos como Sphaerium y Pisidium, etcétera.	Plantas verdes en general.
Vertido puntual del agua residual.	Comienza a desaparecer la fauna normal.	Algas verdes y azules como Oscillatoria, Ulothrix o Phormidium.
Zona de degradación, donde se mezclan las aguas; se forman ciertos depósitos y comienzan las descomposiciones.	Aparecen colonias de ciliados del tipo Vorticella o Epistylia.	Aumentan las bacterias de todo tipo y van desapareciendo las plantas verdes como Lemna y Potamogeton.
Zona en la que aumenta el CO <sub>2</sub> y el oxígeno disuelto va desapareciendo. Olores.	Aparecen gusanos Tubifex, Limnodrilus, larvas de dípteros (Simulio, Chironomus), Cypris, Asellus. Es el límite de vida de la ictiofauna.	Comienzan a formarse en el fondo colonias (grises) de hongos tipo Sphaerotilus o Leptomitium.
Zona de descomposición activa de la M. O. Suelen aparecer degradaciones anaerobias. Malos olores.	Protozoarios, larvas de Psychoda; van desapareciendo los Tubifex, Culex, Eristalis, Limnodrilus.	Aparecen bacterias cada vez más abundantes. Tienen a dominar las especies anaerobias. Quedan algunas algas fitoflageladas azules o verdes.
Zona séptica. Se forman compuestos reductores. Malos olores.	Aparecen, al final de la zona, algunos ciliados de los géneros Glaucoma, Penicillium, Colpidium y especies sesiles bacteriófagas.	Desaparecen las plantas verdes. Gran predominio de bacterias, sobre todo anaerobias. Desulfobivrio, Sphaerotilus, Beggiatoa, etc. Aparecen fícomicetos y ascomicetos (Apodya, Fusarium, Geotrichum, Mucor, etc.).
Zona séptica. Malos olores.	Al final de la zona reaparecen Tubifex, Limnodrilus.	Al final de la zona aparecen algunas plantas verdes. Diatomeas como Nitzschia, Melosira, Gomphonema; a veces Navícula y algún díptero.
Zona de recuperación; cada menos sólidos putrescibles. Se dispone de algo de oxígeno disuelto.	Aparecen algunos rizopodos, flagelados, infusorios; rotíferos, gusanos. Son clásicos Chironomus y Simulium. Algún helizoario.	Van disminuyendo las bacterias. Más plantas verdes. Hongos esquizomicetos; algas esquizofíceas, conjugadas, euglenas, etc. Se ven Pandorina, Spirogyra.
Zona de recuperación final. Ya casi no hay sólidos putrescibles. El oxígeno disuelto es más abundante. Se extinguen los procesos aerobios. Sedimentación de sólidos orgánicos.	Gusanos, larvas. Simulium. Las larvas de dípteros (Chironomus) abundan mucho. Algunos crustáceos (Asellus), Pisidium. Valvata. Algún infusorio.	Algas azules y verdes. Diatomeas, conjugadas, volvocales, muchas esquizofíceas. Monocotiledóneas (Elo-dea). Dicotiledóneas (Nimphaea, Nenufar).
Final de la autodepuración. Los lodos se aclaran. Mineralización.	Casi toda clase de fauna normal. Chironomus. Especies ictícolas tolerantes y rústicas (ciprínidos).	Casi toda clase de vegetación normal. Gran desarrollo de plantas verdes. Hongos. Plantas superiores.
Zona de aguas puras. No aparecen casi sólidos flotantes. Sólidos inorgánicos estables.	Población ictícola algo superior a la normal debido al mayor alimento. Perlidae, etcétera. Anfíbios. Casi todas las larvas. Rotíferos, crustáceos.	Algunas bacterias. Toda la vegetación característica de aguas limpias en población algo superior a la normal, debido al abonado.

Fuente: Mariano Seoáñez : La Contaminación Ambiental.

## APENDICE

830.

Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, (Decreto 2.414/1.961, de 30 de Noviembre, e Instrucción con normas complementarias. O.M. de 15 de marzo de 1.963.

### Depuración

De no concurrir las circunstancias señaladas en el párrafo anterior, las aguas residuales habrán de ser sometidas a depuración por procedimientos adecuados, estimándose que éstos han tenido plena eficacia cuando las aguas en el momento de su vertido al cauce público reúnan las condiciones siguientes:

a) Cuando el agua no contenga más de 30 miligramos de materias en suspensión por litro.

b) Cuando la demanda bioquímica de oxígeno medida después de cinco días de incubación a 20° no rebase la cifra de 10 miligramos por litro.

c) Cuando antes y después de siete días de incubación a 30° no desprenda ningún olor pútrido o amoniacal.

d) Su pH deberá estar comprendido entre 6 y 9.

En ningún caso las aguas residuales depuradas natural o artificialmente deberán

añadir a los cauces públicos componentes tóxicos o perturbadores en cantidades tales que eleven su composición por encima de los siguientes límites, ya que estos condicionan la posibilidad de ser utilizadas sin riesgo de intoxicación humana.

### Límites de toxicidad

Plomo (expresado en Pb), 0,1 miligramos por litro.

Arsénico (expresado en As), 0,2 miligramos por litro.

Selenio (expresado en Se), 0,05 miligramos por litro.

Cromo (expresado en Cr hexavalente), 0,05 miligramos por litro.

Cloro libre y potencialmente liberable, expresado en Cl<sub>2</sub>, 1,5 miligramos por litro.

Ácido clanhídrico (expresado en Cl), 0,01 miligramos por litro.

Fluoruros (expresado en F), 1,5 miligramos por litro.

Cobre (expresado en Cu), 0,05 miligramos por litro.

Hierro (expresado en Fe), 0,1 miligramos por litro.

Manganeso (expresado en Mn), 0,05 miligramos por litro.

Compuestos fenólicos (expresado en Fe-nol), 0,001 miligramos por litro.

18. Las actividades calificadas como insalubres, en atención a producir humos, polvo, nieblas, vapores o gases de esta naturaleza deberán obligatoriamente estar dotadas de las instalaciones adecuadas y eficaces de precipitación del polvo o de depuración de los vapores o gases en seco, en húmedo o por procedimiento eléctrico (1).

En ningún caso la concentración de gases, vapores, humos, polvo y neblinas en el aire del interior de las explotaciones podrán sobrepasar de las cifras que figuran en el anexo número 2.

4.3.1. Análisis de aguas.

Lo que decidió a los políticos del siglo XIX para la creación del Canal de Isabel II fue la pureza de sus aguas: Troll y Braun (1) recogen los análisis químicos de los antiguos viajes y del agua del Lozoya.

	Temperatura media del año en °C.	Dureza total	Dureza Permanente.	Gases disueltos (en gr.)	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Compuestos orgánicos.
Lozoya	17,7	3,8	2,5	26,0	7,7	16,8	2,1	0,00028
Abroñigal	10,6	28,0	17,0	28,1	7,0	16,2	1,9	0,00027
Abroñigal	11,0	32,0	21,0	19,8	5,5	13,1	1,2	0,00042
Manuel	10,3	20,0	11,0	24,8	5,8	17,2	1,8	0,00030
Ciudad	10,7	20,0	10,0	25,4	6,8	15,0	2,7	0,00031
Atre	11,4	24,0	16,0	20,5	5,6	13,8	1,1	0,00037
Leubilla	11,1	22,0	12,0	20,3	5,4	13,0	1,8	0,00040
Castellana	10,2	30,0	16,0	22,8	6,0	13,7	2,5	0,00035
Arro	11,1	43,0	22,0	32,2	-	-	-	-

	Restos de vapor a 110°C.	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Cl <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Fe <sup>++</sup>
Lozoya	0,054	0,008	0,008	0,007	0,012	0,003	0,002	0,013	0,0013	0,0002
Abroñigal	0,451	0,027	0,105	0,013	0,084	0,045	0,004	0,042	0,0120	0,0002
Abroñigal	0,472	0,041	0,095	0,018	0,121	0,019	0,012	0,048	0,0120	0,0001
Manuel	0,412	0,027	0,098	0,021	0,088	0,016	0,004	0,059	0,0210	0,0003
Ciudad	0,338	0,030	0,066	0,020	0,082	0,034	-	0,040	0,0120	-
Atre	0,138	0,034	0,102	0,026	0,091	0,032	0,005	0,054	0,0280	0,0006
Leubilla	0,351	0,031	0,084	0,018	0,083	0,026	-	0,038	0,0160	-
Castellana	0,429	0,038	0,082	0,020	0,098	0,036	-	0,042	0,0070	-
Arro	0,738	0,068	0,187	0,036	0,206	0,066	0,004	0,038	0,0170	-

(\*) Datos en gramos/litro; 0,54 gms./litro = 54 mgrms./litro.

En él, <sup>cuadro</sup> se puede apreciar, por un lado la calidad de agua de los viajes antes de ser contaminados por los pozos negros (hasta ahora funcionaba sólo el viaje de Abroñigal Bajo y clorado), pero el laboratorio de higiene y sanidad del Ayuntamiento de Madrid detectó contaminación y según últimas noticias la fuente de Correos en la calle de Alcalá funciona con agua del Canal de Isabel II. Por otro el agua del Lozoya, que tenía menos sales disueltas, menor dureza, mayor temperatura, pero mayor cantidad de materia orgánica, ya que se trata de aguas superficiales, mientras que los viajes, que eran aguas subterráneas, no tenían materia orgánica. El agua de Lozoya tenía menos cantidad de sales, es en definitiva más blanda. En la memoria de 1.848 (2) se recomiendan las aguas del Lozoya (Pontón de la Oliva) sobre las del Jarama (Canal de Cabarrús), por ser mas puras y con menor contenido de sales, particularmente en sulfatos y carbonatos.

Compárense los valores del cuadro anterior con los que recoge Pérez Regodón (3), del Anuario de Aforos de la Dirección General de Obras Hidráulicas.

ESTACION NUM. 70.—RIO MANZANARES

Año 1962-1963	Meses		
	Octubre	Febrero	Junio
Residuo a 110° mg/l. ....	166	106	114
Materia en suspensión, mg/l. ....	86	19,5	16
Bicarbonatos, mg/l. $\text{CO}_3\text{H}^-$ ....	81	21	43
Carbonatos, mg/l. $\text{CO}_3^{=}$ ....	0	0	0
Cloruros, mg/l. $\text{Cl}^-$ ....	18	13	9
Sulfatos, mg/l. $\text{SO}_4^{=}$ ....	39	28,5	46,5
Calcio, mg/l. $\text{Ca}^{++}$ ....	26,5	15	14,5
Magnesio, mg/l. $\text{Mg}^{++}$ ....	4,9	0	0
Sodio, mg/l. $\text{Na}^+$ ....	14	10	35
Potasio, mg/l. $\text{K}^+$ ....	3,5	2	1
Silíce, mg/l. $\text{SiO}_2$ ....	14	9	15
Materia orgánica ....	4,72	5,20	4,16
Grados franceses ...	Dureza total ...	8,6	3,8
	Dureza temporal ...	6,4	3,4
	Dureza permanente ...	2,2	0,4
Ph ....	7,8	7,2	8,1

## ESTACION NUM. 52.—RIO JARAMA

Año 1962-1963	Meses		
	Octubre	Febrero	Junio
Residuo a 110° mg/l. ....	498	676	300
Materia en suspensión, mg/l. ....	11.2	40	314
Bicarbonatos, mg/l. CO <sub>3</sub> H ..... 155	69	122	
Carbonatos, mg/l. CO <sub>3</sub> ..... 0	0	0	0
Cloruros, mg/l. Cl ..... 31.5	41.5	13.5	
Sulfatos, mg/l. SO <sub>4</sub> ..... 196	330	66	
Calcio, mg/l. Ca ..... 91	98	54.5	
Magnesio, mg/l. Mg ..... 21	40.5	12	
Sodio, mg/l. Na ..... 30	17	10	
Potasio, mg/l. K ..... 3	7	2	
Silice, mg/l. SiO <sub>2</sub> ..... 13	12	10	
Materia orgánica ..... 3.44	6.60	4.72	
Dureza total ..... 31.2	41.0	18.4	
Grados franceses ..... 12.4	5.5	9.8	
Dureza temporal ..... 18.8	35.5	9.5	
Dureza permanente ..... 9	7.4	9.5	

Los ríos Manzanares y Jarama tienen mayor residuo que el agua del Lozoya, mayor contenido en materia orgánica, mayor dureza, y menor contenido en sales, nótese que algunos valores no son comparables con los análisis anteriores.

Catalán Lafuente, uno de los sabios españoles en cuestiones de aguas, hizo un trabajo sobre las calidades del agua del Canal de Isabel II con Alonso Pascual, aplicando análisis químicos y de microscopía electrónica (3 bis); el objeto mediato del estudio era conocer la composición mineralógica y el tamaño de la materia en suspensión, así como la variación química de los ríos a lo largo de su curso.

Dada la gran pureza que normalmente tienen las aguas de estos ríos, se pensó realizar dos tomas de muestra de cada estación con objeto de contar con una muestra de agua normal y otra en avenida. La pureza química queda reflejada en las tablas adjuntas, ahora bien a los autores les interesó conocer cual era el roquedo causante de la composición química de las aguas circulantes; las conclusiones son las siguientes: el roquedo metamórfico y el pizarral silúrico aportan escasos iones. Los cationes de las sales los aporta el triásico. El roquedo cretácico aporta una fuerte concentración de iones, pero son el terciario y sus tramos yesíferos quienes son capaces de aportar a las aguas circulantes la máxima cantidad de elementos. En cuanto a los aná-

lisis: las aguas analizadas muestran gran pureza, puesto que el máximo valor de residuo fijo encontrado es 242 mg/l., para el río Albalá, en el Lozoya 96 mg/l., en el Jarama 120 mg./l. En el Guadalix 176 mg./l, en el Manzanares 79 mg./l. y en el Guadarrama 112 mg./l.

Las muestras "a" son de períodos normales, las "b" son de deshielo, estas últimas tienen mayor cantidad de sales disueltas. En los tramos de cabecera y en estas aguas de gran pureza, se manifiesta claramente la relación carbonatos-bicarbonatos con el pH bajo. Las aguas no poseen sulfatos, se aprecia una oscilación en la materia orgánica que es más importante en las épocas "b" por lixiviado de los ácidos húmicos del suelo (proceso natural). Por último, los autores afirman que los embalses del Lozoya proporcionan una constancia en la composición química de las aguas. Nótese que este artículo está realizado en 1.966, por lo que en cierta medida no aparece el fenómeno de la eutrofización por vertidos humanos, urbanizaciones, etc.; que han proliferado en algunas áreas de las cuencas de los ríos citados, y que el agua, es lo que los técnicos denominan agua bruta,



Tabla I  
CANAL DE ISABEL II  
SALAS SOLINAS

Regimen	Mam.	Fecha toma muestra	Materia en suspension	Residuo a 110°C	Conductividad	Bicarbonato	Cloruros	Nitritos	Nitrosos	Sulfatos	Aluminio	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Silice	Materia organica	Dureza total	Dureza temporal	Dureza permanente	pH
1					909	81'S	0	47'S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7'S
2					186	15	0	86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6'S
3					350	0	0	142'S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37
4					85'S	44	0	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	77
5					119	65	0	102'S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	77
6					694	51'S	0	47'S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76
7					538	15	0	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	74
8					190	343	0	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76
9					417	1260	4'S	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81
10					175	485	0	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8
11					182	447	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	77
12					185	288	0	160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81
13					109	229	0	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90
14					107	194	0	62'S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	74
15					219	268	0	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75
16					752	19	0	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75
17					110	51'1	0	71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75
18					205	401	0	108'S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	79
19					215	44'S	0	33'S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67
20					555	735	11	289	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	82
21					158	0	0	33'4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37
22					1626	112	0	33'S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	73

Fuente: Catalan Lafuente y otros.

TABLA II  
CANAL DE ISABEL II  
SALAS SOLANAS

Región	Muestra	Fecha toma muestra	Materia en suspensión	Temperatura a 10°C	Conductividad	Microbiología	Carbonatos	Nitratos	Nitrógeno	Sulfatos	Aluminio	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Silicio	Materia orgánica total	Dureza total	Dureza temporal	Dureza permianente	pH
Losoya	1 a)		50	633	25	0	4	0	0	0	0	12	0	2	05	10	15	3	2	1	75
	2 a)		60	48	25	0	2	0	0	0	0	59	05	3	05	10	15	16	16	0	74
	3 a)		50	54	185	0	3	0	0	0	0	8	0	25	1	1	31	02	02	0	72
	4 a)		94	83	375	0	3	0	0	2	0	11	1	6	05	9	26	32	30	02	80
	5 a)		53	562	125	0	4	0	0	0	0	95	4	2	15	8	57	4	10	30	74
	6 a)		88	69	375	0	35	0	0	2	0	105	1	4	07	9	225	3	30	0	79
	7 a)		72	786	375	0	3	0	0	0	0	145	2	2	1	8	66	44	30	14	74
	8 a)		96	58	185	0	35	0	0	0	0	55	1	3	07	8	95	18	15	03	76
	9 a)		54	606	185	0	4	0	0	0	0	8	0	25	05	12	54	2	15	05	74
	10 a)		88	665	6	12	4	0	0	0	0	5	0	12	07	7	24	12	05	07	85
Jarama	1 a)		72	82	25	0	35	0	0	15	0	7	1	5	1	13	53	22	20	02	76
	2 a)		84	55	31	0	35	0	0	0	0	7	0	4	07	13	215	18	18	0	79
	3 a)		42	66	185	0	4	0	0	0	0	12	0	3	05	12	44	3	15	15	71
	4 a)		72	71	31	0	2	0	0	2	0	7	15	4	07	8	11	24	24	0	75
	5 a)		80	98	65	0	4	0	0	0	0	13	0	1	1	12	68	09	05	03	77
	6 a)		56	115	435	0	3	0	0	35	0	7	05	18	03	8	18	20	20	00	81
	7 a)		445	552	125	0	4	0	0	0	0	4	0	2	05	10	29	10	10	0	72
	8 a)		44	44	185	0	2	0	0	9	0	53	03	4	13	6	295	76	15	01	71
	9 a)		28	364	125	0	25	0	0	0	0	65	0	05	05	14	29	16	10	06	73
	10 a)		54	64	185	0	85	0	0	55	0	7	0	5	03	4	225	18	15	03	72
	11 a)		32	446	65	0	4	0	0	0	0	5	1	1	05	10	55	16	05	11	72
	12 a)		120	127	25	12	35	0	0	0	0	5	0	26	05	8	115	12	12	0	86

Fuente: Catalán Lafuente y otros.

TABLA II (Continuación)

Num. Registro	Num. muestra	Fecha toma muestra	Materia en suspensión	Residuo a 100°C	Conductividad	Hicibonatos	Carbonatos	Cloruros	Nitratos	Sulfatos	Aluminato	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Silice	Materia orgánica	Dureza total	Dureza temporal	Dureza permanente	tit
Guadalupe	12 a)	64	89/3	19	31/5	0	5/5	0	2/5	0	0	7	2/5	5	1	26	41	3/2	1/5	17	72
	13 a)	110	150	31/5	0	5/5	0	5/5	0	11	0	17	5	4	1	14	19/5	6/2	2/5	37	78
	b)	176	205	68/5	12/5	0	5/5	0	0	65/5	0	33/5	8	9	1	12	20/5	11/8	5/5	63	79
Albalá	c)	58	66/5	12/5	0	5	0	0	0	0	0	7	2	3	2/5	20	47	2/6	1/0	16	71
	14 a)	124	150	50	0	6/5	0	6/5	0	7/5	0	25/5	4	4	2/2	10	25	8/0	4/0	40	75
	b)	242	250	68/5	0	5/5	0	5/5	0	35/5	0	24	5/5	33	1/4	18	13/5	8/2	5/5	27	86
Nanzanar	c)	130	169	56/5	0	5/5	0	5/5	0	12/5	0	24	5/5	5	2/0	20	50/0	8/2	4/5	37	78
	16 a)	132	194	56/5	0	7	0	0	0	0	0	26/5	5	5	0/7	14	17	8/6	4/5	41	73
	b)	34	38/7	6/5	0	3	0	0	0	0	0	5	1/5	2	1/2	14	21/5	1/8	0/5	113	74
Navacerrada	c)	46	65/5	6/5	76	93	31	0	3	0	0	5/5	0	2	0/3	10	15	1/2	0/5	0/7	73
	b)	68	76/5	12/5	0	0/5	0	0/5	0	0	0	11	0/5	3	0/5	10	30/5	3/0	2/5	0/5	89
	19 a)	50	64/5	37/5	0	5	0	0	0	3/5	0	6/5	3	4	1	10	27	3/2	1/0	2/2	73
Sorbo	b)	76	120	31/5	0	3/5	0	3/5	0	0	0	3	0	17	0/8	9	25/0	0/8	0/8	0	77
	20 a)	78	79/5	16/5	0	3	0	0	0	0	0	17	0	3	0/5	12	35	4/2	2/5	1/7	70
	b)	70	91	31	0	2	0	0	0	1/5	0	8	1	10	1	10	27	2/4	1/2	1/2	80
Guadarrama	c)	112	115	40/5	0	3	0	0	0	9	0	8	2	2	1	14	66	2/8	2/5	0/3	70
	21 b)	112	115	40/5	0	3	0	0	0	9	0	8	2	2	1	14	66	2/8	2/5	0/3	70
	22 a)	70	472	12/5	0	3	0	0	0	3/5	0	9/5	0/5	13	1	12	37	2/6	2/6	0/0	80
Arroyo Pánona	c)	86	131	31/5	0	3	0	0	0	5/5	0	6/5	3	2	1	20	48	2/8	1/0	1/8	70
	1 A	196	120	12/5	0	5	0	0	0	0	0	21	1	2	0/3	8	11/5	4/8	2/5	2/3	75
	2 A	198	211	37/5	0	32/5	0	0	0	0	0	27	6	4	2/8	9	26	5/2	1/0	4/2	78
Arroyo Huces	3 A				0	3	0	0	0	27/5	0	37	5	2	0/7	23	193	11/2	3/0	8/2	77

Fuente: Catalán Lafuente y otros.

#### 4.3.1.a. Cristalinidad de las aguas.

En la actualidad es muy difícil que las aguas lleguen al consumidor turbias. No sucede como en el siglo pasado, que las aguas en el comienzo del año hidráulico podían tener una cierta cantidad de sílice en suspensión, particularmente hasta los años 60, ya que la autodepuración era la que ejercían los embalses de Puentes Viejas y el Villar, pero desde estos años con la instalación de las estaciones de tratamientos y dado el gran número de embalses construídos en los últimos años, es prácticamente imposible encontrar al abrir los grifos aguas turbias. Claro está, que puede suceder, por ejemplo en caso de avería de algún tipo de conducción interna, los primeros momentos el agua puede tener ciertas materias en suspensión, pero pasados unos minutos el agua vuelve a salir clara. Es más, el Canal de Isabel II contaba en el pasado con aguas turbias, pero en la salida de los embalses, y casi nunca en la salida de los depósitos de distribución interior, ya que estos actuaban como decantadores de las materias en suspensión. Con todo, en los últimos 40 años, sólo ha habido a la salida de los embalses un 5,3% de agua en el año hidráulico 1.946-47 que salieron con viso claro. Desde el año 1.967 no se ha vuelto a repetir el fenómeno de aguas turbias, ya que entraron en servicio las estaciones de tratamiento. Pero es que por otro lado, las condiciones higiénicas del agua bruta que sale de los embalses son bastante buenas. En los años 40, por ejemplo, el agua <sup>que</sup> salía de la presa del Villar, que era la depurada, mientras que Puentes Viejas era el embalse de cola, no contenía colibacilos en 50 cms<sup>3</sup> en mas del 80% de los días, y sólo tenía colibacilos en 50 cms<sup>3</sup> el 34% de los casos de media, pero no aparecía coli el resto de los días en 10 cm<sup>3</sup>, 1 cm<sup>3</sup> y 0,1 cm<sup>3</sup>, hecho que indica su bondad. En la red de distribución sólo se encontró colibacilos en un cm<sup>3</sup> en los depósitos un día en los años 1.936, 1.938 y 1.943 y 6 días en 1.945. Las aguas que suministra el Canal tienen un grado de pureza excelente para ser de tipo superficial, aunque en

las épocas de sequía aumente en alguna ocasión la cantidad de colibacilos o las aguas turbias con las primeras lluvias, de forma que los actuales sistemas de depuración impiden que dichas aguas lleguen hasta los depósitos urbanos y por tanto a la red. La cloración se hace fundamentalmente en verano, junio, julio y agosto, aunque también se realicen en épocas de sequía.

#### 4.3.1b. Depuración de aguas por el Canal.

El Canal de Isabel II tiene unas normas de control de calidad basadas en tres aspectos fundamentales (4):

- 1) Control de agua en origen.
- 2) Control en las estaciones de tratamiento
- 3) Control del sistema de distribución.

1) Control de agua en origen: Además de la cantidad de agua suficiente, en todos los veneros se trata de conseguir agua de la mejor calidad posible, para prevenir las posibles epidemias hídricas. El Canal mantiene dentro de sus cuencas aguas de calidad excelente, poco turbias, con poca dureza, con casi ninguna salinidad, pH normal, etc. Unicamente puede tener algo de materia orgánica debido a que algunos ríos tienen aportes orgánicos de sus cuencas, (animales y urbanizaciones), pero se realiza una vez al año una inspección para comprobar el grado de protección, los riesgos de contaminación, vigilancia sobre vertidos de agua residuales, además de mantener a diario un servicio importante de guardería de presas.

2) Control en las estaciones de tratamiento. Es fundamental, ya que se realizan controles sobre agua bruta, examinando sustancias tóxicas (cianuro, plomo, mercurio, etc.) con análisis químicos de los mismos, y análisis de turbidez, color, resistividad, pH, demanda química de oxígeno, dureza,

se examinan las cantidades de amoníaco, nitritos, nitratos, cloruros, sulfatos, hierro y manganeso. Diariamente se cuentan las colonias aerobias y coliformes, y cada seis meses se hacen análisis de colonias aerobias, estreptococos, colimetría, etc.

En las plantas de tratamiento se controlan los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración, en este último proceso es imprescindible calcular el cloro residual y las variaciones no sólo de este sino del total.

3) Por último el control de la red de distribución se hace tomando muestras según las normas de la O.M.S., teniendo en cuenta que puede haber colonias de bacterias en los depósitos, en las conducciones, y en las juntas de yute o cáñamo de las tuberías. La capacidad de tratamiento de agua del Canal es superior a  $40 \text{ m}^3/\text{seg.}$  superando con mucho los recursos actuales, pero con previsión de futuro no muy lejano.

Las seis modernas estaciones de tratamiento (5) reciben un agua bruta con pH que oscila entre 8 y 6,8 y abandona las plantas entre 8 y 7, la resistividad varía entre 12 y 20.000  $\text{cm}/\text{cm}^2$  que se reduce también, el color entra con 10-15 UAH (1.979) y queda reducido a menos de 5 y mínima de 1, la turbiedad oscila entre 1 y 2,5 unidades turbimétricas y se reduce a 0,33-0,61. La demanda química de oxígeno, cuyos límites son 2 y 4  $\text{mg}/\text{l.}$  de permanganato se reduce a menos de la mitad. Los coliformes entran de 2 a 16 en agua bruta por cien centímetros cúbicos y no sale ninguno en el agua tratada, el plancton en agua se reduce de 100-3.000 organismos por  $\text{cm}^3$  a 10-100. Todas las características cumplen las normas del código alimentario español y de la Organización Mundial de la Salud. Es más, dado que son aguas blandas se le añade carbonato cálcico, pasando de 20  $\text{mgr}/\text{l.}$  a 30  $\text{mgr}/\text{l.}$

En el año 1.979 (6) llegaron a los caudalímetros de las estaciones de tratamiento 476 Hm<sup>3</sup>, de los que fueron tratados en dos estaciones de tratamiento 115 Hm<sup>3</sup>, con tratamiento completo 361 Hm<sup>3</sup>, agua clorada y con tratamiento parcial sólo 111 Hm<sup>3</sup>, con 8 Hm<sup>3</sup> de pérdida.

El Canal consumió en sus estaciones de tratamiento casi una tonelada de cloro, 3 toneladas de sulfato, 2 toneladas de cal, 4.116 Kg. de productos floculantes, y 74.540 Kg. de amoníaco.

En definitiva, el Canal de Isabel II mantiene una vigilancia sobre el agua abastecida que impide cualquier brote de enfermedades hídricas. José Román Sánchez de la Nieta en su conferencia sobre el agua del Canal en 1.979 decía que se tomaban 400 muestras/mes o 5.000 muestras/año. Junto al Canal, el laboratorio de Higiene y Sanidad realiza un muestreo de 18 tomas diarias (unas 4.320 muestras al año), mas de una por 10.000 habitantes y mes, y mantiene un control sobre los abastecimientos de agua, incluso sobre las aguas de los arroyos, fuentes, pozos, etc., que se encuentra en el término municipal para detectar cualquier anomalía del tipo de enfermedades hídricas, incluso investigando sobre su radiactividad que es muy baja, casi inapreciable. Estos dos organismos mantienen entre si una coordinación para estrechar la vigilancia y aumentar el grado de seguridad del sistema de abastecimiento.

#### 4.3.1.c Condiciones que debe cumplir el agua

En España toda la legislación sobre sanidad de aguas está contenida en las siguientes normas (7);

- Ley de Aguas de 13 de junio de 1879. (Gaceta nº170 de 19 de junio de 1879).
- Instrucción General de SANidad Pública de 1904, Artículo 108.
- Real Decreto del Ministerio de Gobernación de 1908.
- Real Orden de 12 de octubre de 1910, Apartado IV.
- Real Orden de 5 de marzo de 1902.
- REal Orden de 30 de mayo de 1914.
- Real Decreto de 17 de septiembre de 1920.
- Real Orden de 3 de enero de 1923 en sus artículos 32 y siguientes.
- Reglamento de Sanidad Municipal, aprobado por Real Decreto de 9 de febrero de 1925.
- Orden de 14 de octubre de 1937.
- Orden de 30 de agosto del 1940 en su artículo 25.
- Ley de Bases de la Sanidad Nacional del 25 de noviembre de 1944.
- Código Alimentario español, aprobado por Decreto 2.484/1967 de 21 de septiembre.

La Real Orden de 30 de mayo de 1914 reglamentaba la composición química de las aguas destinadas al abastecimiento; pero la rigidez de su detalle y la no indicación de lo que es susceptible de admitirse a reserva de una corrección superior, unido a la dificultad de encontrar aguas que respondan a dichas normas hizo que Paz Maroto propusiera en 1947 las siguientes normas (8):

Temperatura.....	Límites entre 4°C - 15°C
Aspecto .....	INcolora clara
Olor .....	Ninguno
Sabor .....	Fresca, picante y no insípida ni con gusto de tinta
Reacción .....	Neutra o débilmente alcalina, pa- ra que no ataque la hierro ni al hormigón. pH > 7.



Amoníaco .....	Indicios solamente
Acido nitroso .....	Sólo indicios, por proceder generalmente de impurezas fecales.
Acido nítrico .....	Hasta 20 miligramos/litro, si el agua no contiene amoníaco o ácido nitroso
Dureza total .....	Hasta 50 grados franceses
Dureza permanente ...	Hasta 20 grados franceses
Hierro .....	Exenta, pero aunque lo tenga es admisible por la facilidad de su corrección.
Manganeso .....	Ligeras cantidades.
Plomo .....	Hasta 0,30 miligramos/litro.
Cloro .....	Hasta 30 mg/litro, indica impurezas fecales.
Acido sulfídrico .....	Tolerable, si el agua es ferruginosa subterránea. De lo contrario indica impurezas industriales o contaminación con aguas residuales.
Potasa .....	Por encima de 10 mg/litro sospechosa de contaminación.
Sílice .....	Tolerable.
Acido sulfúrico.....	Por encima de 30 mg/litro, sospechosa de contaminación fecal
Acido fosfórico .....	Nada por ser sospechosa de contener excrementos.
Alúmina .....	Tolerable
Residuo fijo .....	Inferior a 500 mg/litro.
Consumo de permanganato ..	Inferior a 10 mg/litro.
Organismos .....	Los mínimos posibles. Ausencia de gérmenes patógenos.

Ahora bien si el agua no reúne estas condiciones no por eso ha de creerse que no puede utilizarse, sino que es obligada entonces la corrección y depuración.

No obstante, conviene establecer una clasificación de las aguas a efecto de protección, corrección o abandono, y en este sentido, nos parece que pueden aceptarse para nuestro país las normas recientemente fijadas por el Comité Consultivo de Higie-

ne de Francia, que son:

	Agua pura	Agua potable	Agua sospechosa	Agua mala
Cloro ( Cl en mg/l).	< 15	< 40	50-100	> 100
Acido sulfúrico (SO <sub>4</sub> en mg/l).	2 - 5	5 - 30	30	> 50
Materia orgánica en mg de Oxí- geno absorbido por litro para su oxidación,	< 1	< 2	3 - 4	> 4
Materias orgánicas y produc- tos volátiles mg/l.	< 15	< 40	40-70	> 100
Dureza total.	5°- 15°	15°-20°	30°- 100°	> 100°
Dureza permanente.	2°- 5°	5°-12°	12°- 18°	> 20°

- Las incluidas en la primera clasificación no exigen más que protección segura.
- Las de la segunda exigen una vigilancia en el consumo aunque no se disponga de depuración alguna.
- Las de la tercera exigen instalaciones de corrección y depuración.

El Real Decreto de 17 de septiembre de 1920 (9) dice:  
Toda agua destinada a la alimentación deberá ofrecer las condiciones siguientes:  
Ser inodora, incolora e insípida. Que la determinación cuantitativa de sus componentes no arroje cifras que superen los siguientes límites :

- Residuo fijo por evaporación, seco a 180° hasta peso constante ..... 500mg
- Residuo fijo por calcinación al rojo sombra .. 450 mg
- Cloro expresado en Cloruro de Sodio ..... 60 mg
- Acido Sulfúrico ..... 50 mg
- Cal ..... 150 mg
- Magnesia ..... 50 mg
- Materia orgánica total valorada en líquido ácido y expresado en oxígeno ..... 3 mg

- Amoníaco por reacción directa ..... 0 mg
- Amoníaco libre determinado por destilación ..... 0,02 mg
- Amoníaco aluminoide ..... 0,005mg
- Acido nitroso ..... 0 mg
- Acido nítrico ..... 20 mg

Se puede aumentar el contenido de cloro natural. No puede contener productos intestinales. Que no contengan sino escasa proporción de gérmenes inófluensivos, que no sean procedentes de tubo intestinal, ni otros de carácter patógeno.

El Reglamento de SANidad de 1925 permite cien colis/cien ml de agua. La Ley de Bases especifica que se establecerán una técnica-patrón de análisis de agua que será obligatoriamente seguida por todos los centros oficiales que tengan aptitud para calificar estas aguas.

Otra de las normativas legales que rigen en España sobre pruebas de aguas potables es el Código Alimentario español, aprobado por decreto 2.484/1967 de la Presidencia del Gobierno de fecha 21 de septiembre de 1967:

Las aguas se clasifican en:

- POTable: ninguna de las características supera los límites de tolerable.
- Sanitariamente tolerable:

1) Aquellas aguas en las que alguno de sus caracteres físicos y químicos sobrepasan los límites máximos o tolerables, siempre que no sean productos tóxicos o radioactivos ni los que den agresividad al agua ni tampoco los que indiquen una contaminación fecal posible.

2) Aquellas que, siendo física o químicamente potables, contiene coliformes o estreptococos fecales o clostridios sulfito-reductores en las siembras efectuadas con un volumen de 10 ml de agua problema, pero en ausencia del *Escherichia Coli* debidamente comprobado.

- No potable. cuando las características impidan la inclusión en los grupos anteriores.

Caracteres físicos

	<u>Convenientes</u>	<u>Tolerables</u>
Olor	Inodora	Inodora, excepto aguas sometida a tratamiento de potabilización, en que se tolerará olor apotabilizante.
Color (en Pt)	Hasta 5mg/l	15 mg/l
Sabor	Insípida	Insípida, excepto aguas sometidas a tratamiento de potabilización en que se tolerará ligero sabor a potabilizante.
Turbidez ( $\text{SiO}_2$ )	Hasta 5 mg/l	10 mg/l

Caracteres químicos

	<u>Convenientes</u>	<u>Tolerables</u>
pH	Hasta 7- 8,5	6,5 - 9,2
Residuo seco a 110°C	Hasta 750 mg/l	Hasta 1500 mg/l de agua evaporada
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	Hasta 250 mg/l	Hasta 350 mg/l
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{--}$ )	Hasta 200 mg/l	Hasta 400 mg/l
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	Hasta 30 mg/l	Hasta 30 mg/l
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	Hasta 100 mg/l	Hasta 200 mg/l
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	Hasta 50 mg/l	Hasta 100 mg/l
Hierro y manganeso	Hasta 0,2 mg/l	Hasta 0,3 mg/l
Oxígeno absorbido del Permanganato ( $\text{O}_2$ )		
D.O. $\text{O}_2$	Hasta 3mg/l	Hasta 3 mg/l

Componentes extraños tolerados

Cobre Cu	Hasta 1,5 mg/l
Cinc Zn	" 1,5 "
Plomo Pb	" 0,1 "
Selenio Se	" 0,05 "
Arsénico As	" 0,2 "

Cromo Cr	Hasta 0,05 mg/l
Fluor y Fluoruros F	" 1,5 "
Cianuros CN	" 0,01 "
Fenoles	" 0,001 "

#### Caracteres microbiológicos

Bacterias aeróbicas en agar, 24 horas a 37°C; máximo de colonias convenientes en ml de agua de 50 - 65, y máximo tolerado 100.

En bacterias fecales, es conveniente ausencia de coliformes estreptococos, y clostridios sulfito-reductores en 100 ml de agua sembrada en medios especiales son tolerables 1 - 2 gérmenes de cualquiera de estos tipos en 100 ml de agua.

Las aguas tanto convenientes como tolerables tendrán una ausencia total de gérmenes patógenos, de Escherichia Coli y, de anti (E. Coli) y antishigella.

El límite máximo de radioactividad es de  $10^{-4}$  microcurios/l.

El orden de preferencia para el abastecimiento a núcleos urbanos será el siguiente:

- 1) Agua de manantiales y pozos
- 2) Agua de pozos artesianos.
- 3) Aguas subálveas.
- 4) Aguas superficiales, cuando se vigilen y protejan el cauce y la cuenca de captación.

Los análisis se realizarán diariamente para ciudades con más de cien mil habitantes. Quedan rigurosamente prohibidas las aguas no potables y las que acusen presencia aunque sólo sea indicios de fosfatos, nitritos, amoníaco, sulfuros, hidrocarburos aromáticos policíclicos, grasas y detergentes aniónicos.

Fuente utilizada ha sido Degremont. Manual técnico del agua. Bilbao, 1973. Págs 826 y siguientes.

Según parece a los especialistas esta clasificación es excesivamente rígida, ya que todos los tipos de aguas pueden llevar en su composición mayor cantidad de algunos productos como nitritos, nitratos, etc. de los que autoriza el Código Alimentario.

tario Español, por lo que a pesar de los pocos años que lleva en vigor se están realizando nuevas aproximaciones para la redacción de un sistema de límite para las aguas similar al existente en la Comunidad Económica Europea. Por ejemplo similar a la legislación del IAWR, Comité Internacional de los Servicios de Abastecimiento de agua de la cuenca del Rhin (11). Los valores límites propuestos para las sustancias contenidas en el agua del Rhin fueron aprobados en el Congreso de Düsseldorf de mayo de 1973. Los valores límite con las columnas encabezadas por la letra "A" se refieren a los promedios que logra un agua potable de calidad irreproachable, utilizando solamente procedimientos de depuración naturales. Los encabezados por la letra "B" son los que hacen posible la producción de agua potable de calidad recurriendo a procedimientos de tratamiento profundos del agua, conocidos y suficientemente ensayados.

### 1. Valores-límite de las medidas generales

Grupo de calidad		A	B
Déficit de oxígeno	%	20	20
Conductividad eléctrica a 20° C	uS/cm	700	1.000
Color	mg/l Pt	5	35
Perjuicios deriv. del olor (valor umbral)		10	100
Perjuicios deriv. del sabor (valor umbral)		5	35
Sustancias orgánicas en suspensión	mg/l	5	25

### 2. Valores-límite para las sustancias minerales contenidas en el agua

Grupo de calidad		A	B
Peso total de las sustancias disueltas	mg/l	500	800
Cloruros	mg/l Cl—	100	200
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> —	100	150
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub> —	25	25
Amoníaco	mg/l NH <sub>4</sub>	0.2	1.5
Hierro disuelto	mg/l Fe	0.1	1
Manganeso disuelto	mg/l Mn	0.05	0.5
Hierro total	mg/l	1	5
Fluoruros total	mg/l	1.0	1.0
Cianuros total	mg/l	0.01	0.05
Boro total	mg/l	1.0	1.0
Arsénico total	mg/l	0.01	0.05
Bario total	mg/l	1.0	1.0
Berilio total	mg/l	0.0001	0.0002
Plomo total	mg/l	0.03	0.05
Cromo total	mg/l	0.03	0.05
Cadmio total	mg/l	0.005	0.01
Cobalto total	mg/l	0.05	0.05
Cobre total	mg/l	0.03	0.05
Níquel total	mg/l	0.03	0.05
Selenio total	mg/l	0.01	0.01
Mercurio total	mg/l	0.0005	0.001
Zinc total	mg/l	0.5	1.0

### 3. Valores-límite de los parámetros globales para las sustancias orgánicas disueltas en el agua

Grupo de calidad		A	B
Carbonato orgánico disuelto	mg/l	4	8
Demanda química de oxígeno (Método del bicromato)	mg/l	10	20
Carbonato orgánico disuelto (después de floculación y filtración)	mg/l C	2	5

4. Valores-límite de los parámetros de grupo para las sustancias orgánicas disueltas

849.

Grupo de calidad		A	B
Hidrocarburos	mg/l	0,05	0,2
Sustancias que reaccionan al azul de metileno (detergentes)	mg/l TBS	0,1	0,3
Aromas policíclicos	mg/l	0,0002	0,0003
Fenoles volátiles en el vapor de agua	mg/l	0,005	0,01
Aminas aromáticas expresadas en dicloranilino	mg/l	0,005	0,005
Cloro combinado con materias orgánicas, total	mg/l	0,05	0,1
Compuestos orgánicos lipófilos a base de cloro, poco volátiles	mg/l Cl	0,01	0,02
Pesticidas orgánicas conteniendo cloro (en total)	mg/l Cl	0,005	0,01
en mg/l Cl por sustancia		0,003	0,005
Sustancias impidiendo la formación de colinesterasa expresadas en equivalentes de paratión	mg/l	0,03	0,05

Como las normativas del Código Alimentario español suele ser de difícil cumplimiento en algunas zonas se emplean también las normas de la Organización Mundial de la Salud(12) tanto en sus normas europeas como en las internacionales y las normas de la Comunidad Económica Europea.

Todos estos criterios los he recogido en las páginas siguientes, de algunos de ellos no he podido encontrar la fuente original, sino que me ha sido facilitado en forma de fotocopia que incluyo en este epígrafe. Para algunos de los métodos he utilizado fuentes distintas, al no poder encontrar los originales. La justificación de incluir estos métodos, que de alguna manera tiene un aspecto anárquico, no es otra que la de poder comparar después con los análisis facilitados por el Laboratorio Municipal de Higiene en el cuadro correspondiente (1).

Normas Internacionales de la Organización Mundial de la Salud.

<u>Substancia o Propiedad</u>	<u>Concentraci3n máxima aceptable</u>	<u>Concentraci3n máxima tolerable</u>
<u>Substancias que influyen en la potabilidad del agua</u>		
Sólidos totales	500 mg/l	1.500 mg/l
Color	5 U (1)	50 U (1)
Turbiedad	5 U (2)	25 U (2)
Sabor	irreprochable	-
Olor	irreprochable	-
Hierro (Fe)	0,3 mg/l	1,0 mg/l
Manganeso (Mn)	0,1 mg/l	0,5 mg/l
Cobre (Cu)	1,0 mg/l	1,5 mg/l
Cinc (Zn)	5,0 mg/l	15,0 mg/l
Calcio (Ca)	75,0 mg/l	200,0 mg/l
Magnesio (Mg)	50,0 mg/l	150,0 mg/l
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	200,0 mg/l	400,0 mg/l
Cloruros (Cl)	200,0 mg/l	600,0 mg/l
Grado de pH	7,0 - 8,5	Inferior a 6,5 ó superior a 9,2
Magnesio + sulfato sódico	500,0 mg/l	1.000,0 mg/l
Sulfonatos de alquibenci lo (SAB: sustancias ten siactivas)	0,5 mg/l	1,0 mg/l

(1) Escala del platino cobalto

(2) Unidades turbidimétricas



<u>Substancia o propiedad</u>	<u>Concentración máxima aceptable</u>	<u>Concentración máxima tolerable</u>
<u>Componentes peligrosos para la salud</u>		
Nitrato, referido a $\text{NO}_3$	45,0 mg/l	45,0 mg/l
Fluoruro:	1,5 mg/l	1,5 mg/l
<u>Substancias tóxicas</u>		
Arsénico (As)	0,05 mg/l	0,05 mg/l
Cadmio (Cd)	0,01 mg/l	0,01 mg/l
Cromo (Cr hexavalente)	0,05 mg/l	0,05 mg/l
Cianuros (CN)	0,2 mg/l	0,2 mg/l
Plomo (Pb)	0,05 mg/l	0,05 mg/l
Selenio (Se)	0,01 mg/l	0,01 mg/l
Bario (Ba)	1,0 mg/l	1,0 mg/l
Compuestos fenólicos (referidos a fenol)	0,001 mg/l	0,002 mg/l
Radionuclidos (actividad beta total)	1.000 c/l	1.000 c/l
<u>Indicadores químicos de contaminación</u>		
Demanda química de oxígeno (DQO)	-	10 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	-	6 mg/l
Nitrógeno total, excluido el $\text{NO}_3$	-	1 mg/l
Amoníaco	-	0,5 mg/l
Extracto de carbón con cloro- formo (ECC: contaminantes orgánicos)	0,2 mg/l	0,5 mg/l (3)

(3) Una concentración superior a 0,2 mg/l señala la necesidad de proceder de nuevos análisis para determinar el agente causal.

<u>Substancia o propiedad</u>	<u>Concentración máxima aceptable</u>	<u>Concentración máxima tolerable</u>
Grasa	-	1,0 mg/l
<u>Dureza</u>		
Dureza total en mg/l de CO <sub>2</sub> Ca	50 mg/l	80 mg/l

#### Calidad bacteriológica

- a) En cualquier muestra analizada, a la salida de la depuradora, no se deberá acusar la presencia de gérmenes de tipo coliforme en un volumen de 50 cm<sup>3</sup> del agua.
- b) En el 90% de las muestras, de 10 cm<sup>3</sup> del agua tratada, analizadas durante un año, no deberán encontrarse gérmenes de tipo coliforme, y solamente un 10% de ellas, a lo sumo, podrán acusar la presencia de dichos gérmenes.

#### Normas O.M.S. Internacionales con especificación de los productos que pueden ser perjudiciales para el organismo humano.

**CUADRO 2. SUSTANCIAS Y PROPIEDADES QUÍMICAS QUE INFLUYEN SOBRE LA ACEPTABILIDAD DEL AGUA PARA USOS DOMÉSTICOS**

<u>Sustancia o propiedad</u>	<u>Inconvenientes que puede tener</u>	<u>Concentración máxima deseable</u>	<u>Concentración máxima admisible</u>	<u>Métodos de valoración</u>
Sustancias decolorantes	Coloración	5 unidades *	50 unidades *	a) Comparación con los patrones platino-cobalto. <sup>1, 37, 42</sup> b) Comparación con discos de cristal normalizados. <sup>2, 42</sup>
Sustancias olorosas	Olores	Ninguna	Ninguna	Pruebas en frío y en caliente. Pruebas en diversas diluciones. <sup>3</sup>
Sustancias que den sabor	Sabores	Ninguna	Ninguna	Prueba a una temperatura mínima de 18° C y a diversas diluciones. <sup>33</sup>
Materias en suspensión	Turbidez Posible irritación gastrointestinal	5 unidades <sup>1</sup>	25 unidades <sup>3</sup>	a) Métodos turbidimétricos, visuales o fotoeléctricos. <sup>3, 37, 42</sup> b) Comparación con patrones embotellados. <sup>3</sup>
Sólidos totales	Sabores Irritación gastrointestinal	500 mg/l	1500 mg/l	Gravimetría, después de la evaporación y desecación. <sup>3</sup>
pH	Sabores Corrosión	7,0 a 8,5	6,5 a 9,2	a) Con un potenciómetro de electrodos de vidrio. <sup>3, 37, 42</sup> b) Comparación con soluciones indicadoras: útiles para valoraciones preliminares en campaña. <sup>37, 42</sup>
Detergentes aniónicos	Sabor y espuma	0,2 mg/l	1,0 mg/l	Extracción con azul de metileno. <sup>3, 37</sup>
Aceite mineral	Sabor y olor después de la cloración	0,01 mg/l	0,30 mg/l	Cromatografía gaseosa. <sup>3</sup>

\* De la escala platino-cobalto.

<sup>1</sup> Unidades de turbidez.

<sup>3</sup> En los distintos países se utilizan diferentes sustancias de referencia.

Sustancia o propiedad	Inconvenientes que puede tener	Concentración máxima deseable	Concentración máxima admisible	Métodos de valoración
Compuestos fenólicos (en fenol)	Sabor, sobre todo en aguas cloradas.	0,001 mg/l	0,002 mg/l	Colorimetría, de preferencia tras destilación: a) Con ácido sulfanílico diazotado. <sup>40</sup> b) Método del indofenol. <sup>41</sup> c) Método de la 4-aminoantipirina. <sup>42</sup> d) Con p-nitrosanilina. <sup>43</sup>
Dureza total	Depósito excesivo de incrustaciones	2mEq/l o, <sup>44</sup> (100 mg/l CaCO <sub>3</sub> )	10mEq/l (500 mg/l CaCO <sub>3</sub> )	a) Método del versenato (EDTA) con negro Eriochrome T como indicador. <sup>45, 46, 47</sup> (véase también la referencia 82). b) Por cálculo a partir del calcio, del magnesio o de otros cationes productores de dureza si se hallan en cantidades considerables. <sup>48</sup>
Calcio (en Ca)	Formación excesiva de incrustaciones	75 mg/l	200 mg/l	a) Método del versenato (EDTA) con murexida como indicador. <sup>49, 50, 51, 52, 53</sup> b) Método volumétrico. Se precipita el calcio en forma de oxalato, se disuelve en ácido sulfúrico y se titula con una solución normal de permanganato potásico. <sup>54, 55, 56, 57</sup> c) Gravimetría. Se precipita el calcio con oxalato de amonio, se calcina y se pesa el óxido de calcio. <sup>58, 59, 60</sup> d) Espectrofotometría por absorción atómica. <sup>61, 62</sup>

Si la dureza es muy inferior, el agua puede tener otros inconvenientes como, por ejemplo, la disolución de los metales pesados de las tuberías.

1mEq/l de ion productor de dureza = 50 mg CaCO<sub>3</sub>/l = 5,0 grados franceses de dureza = 2,5 (aproximadamente) grados alemanes de dureza = 2,5 (aproximadamente) grados ingleses de dureza.

Sustancia o propiedad	Inconvenientes que puede tener	Concentración máxima deseable	Concentración máxima admisible	Métodos de valoración
Cloruros (en Cl)	Sabor; corrosión en las conducciones de agua caliente	200 mg/l	300 mg/l	a) Titulación con solución normal de nitrato de plata o indicador de cromato de potasio. <sup>63, 64, 65</sup> b) Colorimetría. <sup>66</sup> c) Titulación con nitrato mercurico a un pH 3,1, aproximadamente. Como indicadores se utilizan la difenilcarbazona y el azul de bromotol. <sup>67</sup>
Cobre (en Cu)	Gusto estridente; coloración y corrosión de las tuberías, conexiones y utensilios	0,05 mg/l	1,5 mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica. <sup>68, 69</sup> b) Colorimetría con dietil-ditiocarbamato. <sup>70, 71, 72</sup> c) Método del cuprotol. <sup>73</sup> d) Método de la batocuprona. <sup>74</sup>
Hierro (total, en Fe)	Sabor; coloración; depósitos y proliferación de ferrobacterias; turbidez	0,1 mg/l	1,0 mg/l	Colorimetría: a) Método de la fenantrolina. <sup>75, 76, 77</sup> b) Método del tiocianato. <sup>78, 79</sup> c) Método del biquinidil. <sup>80, 81</sup> d) Reducción de sales férricas y formación de un complejo hierro-dimetilglicoxima. <sup>82, 83</sup> e) Método del ácido tioglicólico. <sup>84</sup>
Magnesio (en Mg)	Dureza; sabor; irritación gastrointestinal en presencia de sulfato	30 mg/l o menos si hay 250 mg/l de sulfato; si la concentración de sulfato es inferior, pueden permitirse hasta 150 mg/l de magnesio	100 mg/l	a) Método del versenato (EDTA). Se precipita el calcio en forma de oxalato y se titula el magnesio en el sobrenadante, utilizando como indicador negro de Eriochrome T. <sup>85, 86, 87</sup> (Existe otro método de versenato. <sup>88, 89</sup> ). b) Espectrofotometría, con amarillo de titanio. <sup>90, 91</sup> c) Espectrofotometría de absorción atómica. <sup>92, 93</sup>
Manganeso (en Mn)	Sabor; coloración; depósitos en las tuberías; turbidez	0,05 mg/l	0,5 mg/l	Colorimetría: a) Método del persulfato. <sup>94, 95, 96</sup> b) Método del periodato. <sup>97</sup> c) Espectrofotometría de absorción atómica. <sup>98, 99</sup>
Sulfato (en SO <sub>4</sub> )	Irritación gastrointestinal cuando hay magnesio o sodio	200 mg/l	400 mg/l	a) Método del versenato (EDTA). <sup>99, 100</sup> b) Gravimetría, peso en sulfato de bario. <sup>101, 102, 103</sup>
Zinc (en Zn)	Sabor estridente; depósitos opalescentes y arenosos	0,0 mg/l	10 mg/l	a) Colorimetría con reactivo de dilizona. <sup>104, 105, 106</sup> b) Microtitulación con ferrocianuro de potasio. <sup>107</sup> c) Espectrofotometría de absorción atómica. <sup>108, 109</sup>

	C.A.E. CODIGO ALIMENTARIO ESPANOL 1967	O.M.S. NORMAS EUROPEAS 1971		O.M.S. NORMAS INTERNACIONALES 1972		C.E. COMUNIDAD EUROPEA 1973		
		recomendable	aceptable	máximo deseable	máximo admisible	N.º Gula	máximo admisible	mínimo exigible
Silice	mg SiO <sub>2</sub> /l	-	-	-	-	-	-	-
Cloruros	mg Cl/l	200	600	200	600	5	200	-
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /l	-	250	200	400	5	250	-
Fosfatos (C.E. mg P/l)	mg PO <sub>4</sub> /l	-	-	-	-	0,3	2,0	-
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> /l	<50	50-100	-	-	-	50	-
Reducción del MnO <sub>2</sub> K	mg O <sub>2</sub> /l	-	-	-	-	1	5	-
Oxígeno disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	>5	5	-	-	5	-	-
Nitritos	mg NO <sub>2</sub> /l	-	-	-	-	-	0,1	-
Amoníaco (OMS y CE en mgNH <sub>4</sub> /l)	mgNH <sub>3</sub> /l	-	0,05	-	-	0,05	0,5	-
Aminas	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfuros	mg S/l	-	-	-	-	-	ausencia	-
Hydrocarburos (O.M.S. y C.E. en mg HAP/l)	mg/l	-	0,0002	-	0,0002	-	0,0002	-
Acido mineral	mg residuo/l	-	-	0,01	0,30	-	0,01	-
Grasas	-	-	-	-	-	-	-	-
Detergentes	mg/l	-	0,2	0,2	1,0	-	0,1	-
Fenoles	mg/l	-	0,001	0,001	0,002	-	0,0005	-
Cobre	mg Cu/l	-	0,05	0,05	1,5	-	0,05	-
Zinc	mg Zn/l	-	5,0	5,0	15	-	0,1	-

		C.A.E. CODIGO ALIMENTARIO ESPAÑOL 1987	O.M.S. NORMAS EUROPEAS 1971			O.M.S. NORMAS INTERNACIONALES 1972			C.E. COMUNIDAD EUROPEA 1975		
			caracteres convenientes	caracteres tolerables	recomendable	aceptable	máximo deseable	máximo admisible	N.º Guía	máximo admisible	mínimo exigible
Temperatura	°C	-	-	-	-	-	-	-	12	25	-
Olor	umbral	inodora	desinfectante	-	-	ninguno	ninguno	ninguno	0	2 (12°C) 3 (25°C)	-
Sabor	umbral	insípida	desinfectante	-	-	ninguno	ninguno	ninguno	0	2 (12°C) 3 (25°C)	-
Color	mg Pt/l	5	15	-	-	5	50	5	5	20	-
Turbidez	mg SiO <sub>2</sub> /l	5	10	-	-	5	25	5	5	10	-
Índice de pH	unidades pH	7-8.5	6.5-9.2	-	-	7-8.5	-	-	6.5-8.5	9.5	6.0
Residuo a 110°C	mg/l	750	1.500	-	-	500	1.500	1.500	-	1.500	-
Conductividad	micromhos/cm	-	-	-	-	-	-	-	400	1.250	-
Alcalinidad (T.A.C.) (C.E. en mg CO <sub>3</sub> /H/l)	mg CO <sub>3</sub> /Ca/l	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-
Dureza total	mg CO <sub>3</sub> /Ca/l	-	-	100	500	100	500	500	350	-	100
Calcio	mg Ca/l	100	200	-	-	75	200	200	100	-	10
Magnesio	mg Mg/l	50	100	30	125	30	150	150	30	50	5
Sodio	mg Na/l	-	-	-	-	-	-	-	<20	100	-
Potasio	mg K/l	-	-	-	-	-	-	-	<10	12	-
Hierro	mg Fe/l	-	-	0.1	0.3	0.1	1.0	1.0	0.1	0.3	-
Manganeso	mg Mn/l	-	-	-	0.05	0.05	0.5	0.5	0.02	0.05	-
Hierro + Manganeso	mg Fe + Mn/l	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-

	C.A.E. CODIGO ALIMENTARIO ESPAÑOL 1967	O.M.S. NORMAS EUROPEAS 1971		O.M.S. NORMAS INTERNACIONALES 1972		C.E. COMUNIDAD EUROPEA 1975	
		máximos tolerables	conc. límite	conc. máxima	N.º Guía	máximo admisible	
Aluminio	mg Al/l	●	-	-	-	0,05	
Plomo	mg Pb/l	0,1	0,1	0,1	-	0,05	
Mercurio	mg Hg/l	-	-	0,001	-	0,001	
Plata	mg Ag/l	-	-	-	-	0,01	
Níquel	mg Ni/l	-	-	-	0,005	0,05	
Bario	mg Ba/l	-	-	-	-	0,1	
Antimonio	mg Sb/l	-	-	-	-	0,01	
Selenio	mg Se/l	0,05	0,01	0,01	-	0,01	
Cadmio	mg Cd/l	-	0,01	0,01	-	0,005	
Arsénico	mg As/l	0,2	0,05	0,05	-	0,05	
Cromo total	mg Cr/l	0,05	-	-	-	0,05	
Cromo hexavalente	mg Cr <sup>VI</sup> /l	-	0,05	-	-	-	
Cianuros	mg CN/l	0,01	0,05	0,05	-	0,05	
Flúor	mg F/l	1,5	0,7-1,7	0,6-1,7	-	0,5-0,7	

● En aguas tratadas su índice no debe ser superior al inicial.

● En aguas tratadas su índice no debe ser superior al inicial.

Otros productos que no deben aparecer más que en las concentraciones máximas permitidas son según la OMS y el CAE:

Sustancia	Concentración máxima permitida	
	OMS	CAE
Arsénico (en As)	0,05 mg/l	0,2 mg/l
Cadmio (en Cd)	0,01 mg/l	—
Cianuro (en CN)	0,05 mg/l	0,1 mg/l
Mercurio total (en Hg)	0,001 mg/l	—
Plomo (en Pb)	0,1 mg/l	0,1 mg/l
Selenio (en Se)	0,01 mg/l	0,5 mg/l
Cromo (Cr hexavalente)	—	0,05 mg/l

Sustancia	Puede producir	Concentración máxima permitida	
		OMS	CAE
Fluoruros (en F)	Fluorosis dental en niños y adultos	0,9-1,7 mg/l	1,5 mg/l
Nitratos (en NO <sub>3</sub> )	Metahemoglobinemia en lactantes y niños	45 mg/l	30 mg/l
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Carcinógeno	0,2 mg/l	0,0 mg/l

Tampoco deben tener, según la OMS, grasas.

#### Características bacteriológicas. OMS

1. En el curso del año, el 95% de las muestras no deben contener ningún germen coliforme en 100 ml.
2. Ninguna muestra ha de contener E. Coli en 100 ml.
3. Ninguna muestra ha de contener más de 10 germen coliformes por 100 ml.
4. En ningún caso han de hallarse germen coliformes en 100ml de 2 muestras consecutivas.

Si se encuentra algún germen coliforme es imprescindible tomar inmediatamente una segunda muestra. El hallazgo repeti-

tido de uno a diez germen coliformes en 100 ml o la observación de un número más elevado en muestras aisladas indica que algún material inconveniente se ha puesto en contacto con el agua y deben adoptarse medidas inmediatamente para descubrir y eliminar la causa de la contaminación.

La presencia de germen coliformes en un abastecimiento de agua es siempre inquietante, pero las medidas indicadas para conservar la pureza del agua distribuida a los consumidores, aparte la toma de nuevas muestras, dependerán de las condiciones locales.

La OMS con sus normas para los abastecimientos de agua potable, no da ninguna cifra que limite la cantidad de estreptococos fecales ni de clostridios sulfitorreductores. Considera que la investigación de estos germen debe hacerse tan sólo cuando se considere conveniente, con el fin de confirmar el origen fecal de una contaminación en casos dudosos y en los casos en que se examinan muestras de tarde en tarde o cuando se proyectan la explotación de una nueva fuente de abastecimiento, porque conviene, entonces, recoger la mayor información posible sobre la calidad del agua, los únicos germen que se consideran son los coliformes y particularmente *E. coli*.

Mariano Santos Comendador, siguiendo a la OMS, recomienda las siguientes normas para el muestreo de los abastecimientos de agua:

#### 1. Para análisis bacteriológicos

La frecuencia de los análisis de muestras tomadas en la red de distribución o de muestras de agua pura a la entrada de esa red, dependerá de la magnitud de la población abastecida; además esos análisis se espaciarán en el tiempo según los riesgos de contaminación, el emplazamiento de las fuentes de captación y su protección.

1.1. Para las tomas de agua desinfectada que entra en la red de distribución se hará un análisis diario

1.2. Para las tomas de agua no desinfectadas que entran en la red de distribución. En el caso de sistemas de abasteci-



miento que no precisan la desinfección se proponen los intervalos siguientes para cada dos análisis sucesivos:

Población abastecida	Intervalo máximo entre tomas sucesivas
Menos de 20.000 habitantes .....	1 mes
20.000 a 50.000 habitantes .....	2 semanas
50.001 a 100.000 habitantes .....	4 días
Más de 100.000 habitantes .....	1 día

1.3. Para las tomas de agua, desinfectada o no en la red de distribución los análisis se harán con arreglo al siguiente esquema:

Población abastecida	Intervalo máximo entre tomas sucesivas	Número mínimo de muestras que deben tomarse en toda la red de distribución
Menos de 20.000 habitantes	1 mes	1 muestra por cada 5.000 habitantes y por mes
20.000 a 50.000 habitantes	2 semanas	1 muestra mensual por cada 5.000 habitantes
50.000 a 100.000 habitantes	4 días	1 muestra mensual por cada 5.000 habitantes
Más de 100.000 habitantes	1 día	1 muestra mensual por cada 10.000 habitantes

Se da la paradoja de que los pequeños abastecimientos de agua sirviendo a poblaciones menores de 50.000 habitantes son los que muestran resultados menos satisfactorios lo que parece indicar lo insuficiente que resulta la aplicación de estas normas en los citados abastecimientos. En una investigación realizada por el "Community Water Supply Study" de los USA, se comprobó que la incidencia da resultado insatisfactorio en relación con la población abastecida, que era la siguiente:

Número de habitantes	Porcentaje de abastecimientos insatisfactorios bacteriológicamente
0 - 500	57
501 - 1.000	56
1.001 - 5.000	50
5.001 - 10.000	42
10.001 - 25.000	37
25.001 - 50.000	38
Más de 50.000	4

Estos resultados demuestran que ha llegado el momento de considerar los requisitos de muestreo con un criterio más realista y de mayor base científica. A continuación incluyo fotocopia de fuente desconocida en la que se reflejan las normativas del C.A.E., O.M.S. europeas e internacionales y de la CEE.

Incluyo también el artículo del Decreto 3.069/1972 de 26 de octubre sobre aguas naturales de manantial y potable recogido de Mariano Seoáñez y Luis Rodríguez.

Artículo 3.º Características naturales de agua potable de manantial.

Organolépticas:

Carecer de olor y sabor desagradables, así como de coloración, turbidez y de sedimentos perceptibles.

Físicas:

Su reactividad, por litro, no sobrepasará las siguientes tasas:

Alfa: Tres picocurios.

Beta: Treinta picocurios.

Químicas:

No exceder de los límites máximos que se señalan:

	Mg/l.
Calcio (en Ca) ... ..	100,—
Magnesio (en Mg) ... ..	50,—
Hierro más manganeso (en Fe y Mn) ... ..	0.2
Cobre (en Cu) ... ..	1.5
Zinc (en Zn) ... ..	1.5
Plomo (en Pb) ... ..	0.1
Selenio (4n Se) ... ..	0.05
Arsénico (en As) ... ..	0.2
Flúor (en F) ... ..	1,—
Nitratos (en No <sub>3</sub> ) ... ..	30,—
Cloruros (Cl) ... ..	250,—
Sulfatos (en SO <sub>4</sub> ) ... ..	200,—
Fenoles (en C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH) ... ..	0.001
Cianuro (en CN) ... ..	0.01
Cromo (en Cr) ... ..	0.05
Materia orgánica (en O <sub>2</sub> ) ... ..	5,—
Mercurio total (Hg) ... ..	0.001
Cadmio (en Cd) ... ..	0.01

Residuo seco máximo a 110°C por litro de agua evaporada ... .. 750,—

No contener nitritos, amoníaco, aminos, fosfatos, sulfuros, hidrocarburos, cloro libre, detergentes ni otros productos o sustancias contaminantes.

Microbiológicas:

1. No contener más de diez colonias de bacterias aerobias, en un mililitro de agua sembrado en placa de agar nutritivo, incubado a 37 grados centígrados durante 24 horas.

2. Ausencia en cien mililitros de agua —sembrada en medios especiales para las pruebas presuntivas— de: coliformes, coli y estreptococos fecales y demás gérmenes indicadores de contaminación de origen intestinal, clostridios sulfito-reductores, microorganismos patógenos y parásitos, en cualquiera de sus formas.

Artículo 4.º Tratamiento de las aguas potables de manantial.—Las aguas potables de manantial para mantener tal condición, no podrán sufrir otros tratamientos que la decantación, filtración, gaseada con CO<sub>2</sub> y radiación ultravioleta y/o cualquier otro, que la Dirección General de Sanidad autorice.

El anhídrido carbónico utilizado para el gaseado de aguas potables de manantial reunirá las siguientes condiciones:

- Ser técnicamente puro.
- Poseer olor y sabor característicos.
- No contener mas del uno de mil, en volumen, de aire.
- Estar exento de productos empíreumáticos, ácido nitroso, ácido sulfúrico, anhídrido sulfuroso u otras impurezas.
- No contener óxido de carbono en proporción superior al dos por mil, en volumen.

4.3.1.d ¿ El agua abastecida por el Canal de Isabel II cumple las condiciones de potabilidad?

En la Conferencia que dió el Doctor José Román y Sánchez de la Nieta, sobre la sanidad de las aguas del Canal de Isabel II expuso los datos siguientes, (están tomando de la exposición, por lo que si en algún dato hay error, se debe fundamentalmente a la transcripción):

	<u>Agua bruta</u>	<u>Agua tratada</u>
pH (rango)	6,9 - 8	7 - 8
Resistividad, (rango)	5000 - 22.000	7000-19000
Color máximo	40	< 5
Color mínimo	5	< 1
Turbiedad máxima	40	< 5
Turbiedad mínima	2	< 1
Dureza total mg/l CO <sub>3</sub> Ca	20 - 70	30 - 80
Oxígeno absorbido por el permanganato (máximo)	6 ppm	< 3 mg/l
Idem mínimo	2 ppm	< 2 mg/l
Bacterias coliformes		
máximo	NPM > 16	NPM = 0
Idem mínimo	NPM > 2	NPM = 0
Cloro eficaz residual	-	0,3 - 0,7
Organismos virosos		negativo

La cloración alcanza 2 ppm; los muestreos los hacen con el agua de sus instalaciones, no toman muestras de los grifos de la ciudad, Este hecho es muy interesante, ya que como es sabido en muchos de los edificios de Madrid existen depósitos que por diversos motivos; falta de higiene, contacto o cercanía a conducciones de aguas residuales, etc., están contaminados y podrían introducir sesgos no reales en los muestreos. Es más, el Doctor Soto Rodríguez fue el que me indicó este hecho, corroborado personalmente en uno de los edificios donde trabajo, en el que al analizar las aguas de los grifos, se encontraron toda clase de contaminantes, por cercanía y filtra-

ción de la bajada de aguas residuales, por lo que el depósito mencionado fue sustituido y localizado en otro punto del edificio. Si se toman las muestras de los grifos domiciliarios pueden aparecer bacterias por roturas, y por las causas señaladas con anterioridad; depósitos, estopa de las cañerías, etc

El Doctor Román y Sánchez de la Nieta, prosiguió diciendo que se trata en la actualidad  $31,8 \text{ m}^3/\text{s}$  y se pretende aumentar el tratamiento del Atazar. Los costos son de una peseta/ $\text{m}^3$ , por reactivos, costos de personal, etc. También habló del agua embolsada en plástico que se hace en Colmenar; se trata de agua esterilizada, que debe beberse fría y de las que se pueden hacer en caso de avería y catástrofe general 3600 bolsas de litro por hora, y terminó afirmando que el agua es excelente, fresca, clara, blanda y saludable, pero hay que evitar la degradación.

Con los datos del laboratorio Municipal de Higiene he elaborado el cuadro 1 en el que expreso la composición media de las aguas abastecidas a Madrid el día 6 de marzo de 1981, uno de los que más cloración se ha sometido al agua por la sequía, en este cuadro se puede apreciar como el agua suministrada por el Canal cumple las condiciones de Sanidad de los diversos Organismos Nacionales e Internacionales, salvo la presencia de amoníaco y nitritos que explicaremos más adelante. Téngase en cuenta que Catalán y Alonso en el cuadro que se ofrece en este punto (V. supra) no acusan en ninguna de las cuencas de los ríos que abastecen Madrid nitritos ni amoníacos (1966). El agua del Canal puede incluso cumplir las condiciones de agua embotellada de manantial, salvo el cloro, alguna colonia de aerobios, el hecho de no ser de manantial, y algún elemento que por mi escasa formación química no haya detectado.

Incluyo un cuadro resumen de las características físico-químicas y bacteriológicas de los años 1970-1974 en el que se aprecian algunas variables estadísticas de distintos valores, predominando aquellos que hacen del agua de Madrid una de los mejores de España en cuanto a abastecimientos urbanos.

CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS

CARACTERÍSTICAS																			
	Color		Turbiedad		D. O. O.		Coliformes			Amesios		pH		Cloro eficaz residual				Nº total de muestras	Límites de valores
	≤ 6	> 6-15	≤ 8	> 8-10	≤ 3	> 3-5	Presencia	Presencia	Presencia	≤ 0,1	> 0,1	≤ 7,5	> 7,5	≤ 0,05	> 0,05	≤ 0,5	> 0,5		
Nº de muestras	2.387	753	38	3.101	77	0	2.286	892	3.149	29	22	7	3.178	0	99,89	0,30	0,86	2,83	13,46
%	75,11	23,69	1,20	97,56	2,44	0	71,93	28,07	99,09	0,91	0,89	0,22	100	0	99,89	0,30	0,86	2,83	13,46
Nº de muestras	2.454	778	47	3.200	79	0	2.213	1.066	3.243	36	22	14	3.279	0	99,88	0,12	1,25	3,75	10,80
%	74,84	23,73	1,43	97,60	2,40	0	67,48	32,51	98,90	1,10	0,87	0,43	100	0	99,88	0,12	1,25	3,75	10,80
Nº de muestras	2.691	912	13	3.546	70	0	2.798	818	3.592	24	16	8	3.616	0	99,64	0,36	0,97	3,07	13,55
%	74,42	25,22	0,36	98,08	1,94	0	77,38	22,62	99,34	0,66	0,44	0,22	100	0	99,64	0,36	0,97	3,07	13,55
Nº de muestras	2.897	904	0	3.725	76	0	3.090	711	3.775	26	20	6	3.801	0	99,87	1,13	1,82	3,05	11,83
%	76,22	23,78	0	98,00	2,00	0	81,29	18,71	99,32	0,68	0,53	0,15	100	0	99,87	1,13	1,82	3,05	11,83
Nº de muestras	3.810	250	6	4.064	1	1	4.023	43	4.000	68	37	29	4.086	0	98,87	1,13	1,82	3,05	11,83
%	93,70	6,15	0,15	99,95	0,02	0,02	98,94	1,06	98,25	1,75	0,98	0,77	100	0	98,87	1,13	1,82	3,05	11,83

Fuente: Canal de Isabel II. Memoria 1971-74. MOPU. Madrid, 1977.

Composición media del agua suministrada por el Canal de Isabel II a Madrid y grado de cumplimiento de las distintas normativas nacionales e internacionales. (8 de marzo de 1991)

ente. Laboratorio Municipal de Higiene. Excmo. Ayuntamiento de Madrid.

Tengo que hacer no obstante alguna precisión sobre la presencia de amoníaco y nitritos en el agua el día 6 de marzo de 1981:

1. No sé de donde se han tomado las muestras
2. Se trata de un día en plena sequía y en el mes de marzo (principios). Paz Maroto afirmaba que los meses de enero, febrero y marzo, eran en los que se producía una proliferación mayor de colis. Por tanto, son días con mucha contaminación microbiológica y en los que el Canal, de modo preventivo, aumenta la dosis de cloro para evitar epidemias.
3. La presencia en un agua de abastecimiento, tratada o no, de amoníaco o nitritos es suficiente en principio para calificarla primariamente como agua "no potable" si es destinada a consumo humano. Ahora bien, pueden admitirse ciertas cantidades en mg/l de ambos compuestos. He señalado que el C.A.E. es muy rígido en algunas variables y está sometido a revisión por una Comisión de técnicos. De hecho las normas de la Comunidad económica europea admiten como valores mínimos para un área sanitariamente tolerables de 0,05 a 0,5 mg/l de amoníaco (como ión  $\text{NH}_4^+$ ) y 0,1 mg/l para los nitritos (ión  $\text{NO}_2^-$ ). En el caso de las normas europeas OMS se permite 0,05 mg/l de amoníaco ( $\text{NH}_4$ ).

La presencia de cantidades de amoníaco de 0,20 mg/l es un índice muy elevado según las normas españolas, y según criterio propio al igual que sucede con el valor de los nitritos.

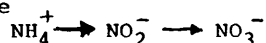
Pero hay que considerar cual es el origen de estos parámetros para poder juzgar adecuadamente su presencia:

El origen de la presencia de ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) puede tener dos fuentes principales:

- 1). Tratamiento del agua con cloruro amónico y entonces se admiten valores de ese ión en el agua del orden de 0,1 mg/l, o con cloro y amoníaco gaseoso, en cuyo caso se forman cloraminas que es un desinfectante y se puede tolerar cierta cantidad residual suficiente para eliminar la posible formación de flora bacteriana.
- 2). Presencia de contaminación de origen fecal, entonces, no se

admiten valores superiores a 0,0 mg/l de ión amonio en el C.A.E. ni en ningún Código racional.

El amoniaco proviene en este caso de la urea de los animales de sangre caliente, (mamífero y hombre) y los nitritos vienen de la oxidación del ión amonio en las condiciones redox del agua en función de sus componentes, favorecido por el cloro que es un oxidante



De forma que si un agua con presencia de contaminación fecal, no es analizada rápidamente tras su muestreo, en el resultado artificial sucede que:

- disminuye los valores de  $\text{NH}_4^+$  (ión amonio)
- aumentan los valores de  $\text{NO}_2^-$  (ión nitrito)
- aumentan los valores de  $\text{NO}_3^-$  (ión nitrato).

Así para juzgar el valor de nitritos hay que saber el tiempo transcurrido entre muestreo y análisis.

Además si la presencia de amoniacos y nitritos es debido a la contaminación fecal, el análisis bacteriológico de dicha muestra dará los siguientes resultados:

- presencia de coliformes fecales y estreptococos fecales si la contaminación es reciente (por la relación coliformes fecales/ estreptococos fecales se puede saber si el origen es humano o animal).

- presencia de estreptococos fecales y no coliformes fecales indica que ha habido contaminación, pero no reciente, ya que los estreptococos fecales son más resistentes que los coliformes a la acción del cloro.

Pero es que, en el análisis bacteriológico facilitado por el Laboratorio de Sanidad Municipal da resultados negativos por lo que no hay ni coliformes fecales ni estreptococos. Es decir, que no hay contaminación fecal y si hubiera existido habría sido eliminada por la acción del cloro del Canal de Isabel II

En general, nitritos y amoníaco son compuestos indicadores de contaminación (Salvo si en el tratamiento del agua interviene el  $\text{ClNH}_4$ , cloruro amónico, o el cloro y amoníaco gaseosos), y recordemos que el Canal gastó en 1979 en las es-



taciones depuradoras casi un millón de kg de cloro y 75 kg de amoníaco. Es decir, cloro gaseoso y amoníaco gaseoso que forman cloraminas ( de menor poder desinfectante ).

Los procesos de tratamiento con cloro se pueden realizar de dos formas:

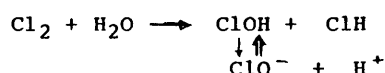
- Gas  $\text{Cl}_2$
- Lejía  $\text{ClO Na}$ , hipoclorito sódico.

La acción desinfectante es debida al anión hipoclorito en ambos casos ( $\text{ClO}^-$  ).

Si lo que se añade es lejía:

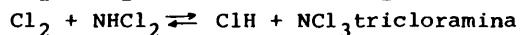
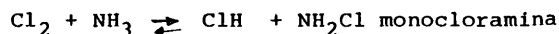


Si lo añadido es cloro, en contacto con el agua, se da la reacción siguiente:



El ácido clorhídrico acidifica el agua y hay que neutralizarle, porque si no, la disociación del ácido hipocloroso se desplaza en el sentido de la flecha gruesa con lo que disminuye el ión  $\text{ClO}^-$  y por tanto la acción desinfectante.

Ahora bien, puede suceder que tanto el hipoclorito como el cloro se combinen con el ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o con el nitrógeno que haya en el agua, dando las llamadas cloraminas que tienen menor poder desinfectante y que pueden ser detectadas según el método de análisis como nitrógeno, y ser expresado éste como ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).



Todas tienen un olor desagradable. Para evitar su formación es mejor pH ácido, ya que el equilibrio desplaza la ecuación hacia los compuestos de la izquierda, con pH 7,6, que se da en los análisis se puede cumplir cualquiera de los procesos hacia la derecha perfectamente.

Además las tricloraminas son inestables y se descomponen:



Como los datos de los análisis facilitados por el Laboratorio Municipal de Higiene no tienen el epígrafe de nitrógeno las cloraminas del agua las dan como  $\text{NH}_4^+$ , catión amonio o amoníaco. Pero no hay contaminación fecal, hecho que queda reflejado por los valores negativos del análisis microbiológico. A mi me parece mejor que se expresen como nitrógeno total excluido el  $\text{NO}_3^-$  los valores de amoníaco y  $\text{NO}_2$  como hacen las normas OMS internacionales (V.supra).

Notas 4.3.1. a, b, c, d.

- (1) TROLL, C. y BRAUN, C. : "El abastecimiento de agua a la ciudad por medio de qanates a lo largo de la historia". Geographica. Madrid, 1974. Págs 271-72
- (2) Memoria sobre la conducción de aguas a Madrid. Madrid, 1849. Págs. 93-96.
- (3) PEREZ REGODON, J. : "Guía geológica, hidrogeológica y minera de la provincia de Madrid". Memoria del IGME, tomo 76. Madrid, 1970. Págs 26-27
- (3-bis) ALONSO PASCUAL, J.J. y CATALAN LAFUENTE, J.G. : "Estudio de microscopía electrónica y químico de las aguas de los ríos Jarama y sus afluentes; Guadalix, Lozoya, y Manzanares." Documentos de Investigación Hidrogeológica. Instituto de Geología económica. CSIC. Madrid, 1966, Págs 1-11.
- (4) SANTOS COMENDADOR, M. "Normativas sobre la calidad de las aguas" En explotación y abastecimientos de agua. Colegio Oficial de Ingenieros, Canales y Puertos. Madrid, 1974. Págs 267 y ss.
- (5) URBISTONDO, R. : "El abastecimiento de aguas a Madrid." Boletín de la Real Sociedad Geográfica, enero-diciembre de 1977, Madrid, 1977. Págs 149-172.
- (6) Canal de Isabel II: "Memoria 1979." MOPU. Madrid, 1980. Págs 50-51.
- (7) Estos datos están recogidos de :  
 GARCIA DE ENTERRIA, E. : "Legislación administrativa básica." BOE. Madrid, 1978. Págs. 697-727.  
 JIMENEZ HERNANDEZ Y OTROS.: "Explotación de Abstecimientos de agua". Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1974.  
 SANTOS COMENDADOR, M. : "Normativas sobre la calidad de las aguas" En explotación y abastecimientos de aguas. Colegio Oficial de Ingenieros de CAminos, CAnales y Puertos. Madrid, 1974. Pág. 278.  
 PAZ MAROTO, J. "Urbanismo y servicios urbanos" Tomo II. Madrid, 1947. Págs. 93-94.

- (8) PAZ MAROTO, J.: "Urbanismo y servicios urbanos" Pág. 95 (*Op. cit.*)
- (9) SANTOS COMENDADOR, M.: "Normativa sobre la calidad de las aguas" . Op. cit. pág 268.
- (10) DEGREMONT: "Manual técnico del agua". Bilbao, 1973. Págs 826 y ss.
- (11) APARICIO FERRATER, J.: "Indices básicos de calidad". En MEDIO AMBIENTE. N°11. MOPU. Madrid, 1975. Págs 55-56.
- (12) Organización Mundial de la Salud.: Normativa Internacional sobre calidad de aguas potables. Cuadros facilitados por el Laboratorio Municipal de Higiene por el Excmo. Ayuntamiento de Madrid. (Publicación desconocida, al igual que OMS: Normativa europea sobre calidad de aguas potables y C.E.E. Normativa de aguas potables.)
- SANTOS COMENDADOR, M. : "Normativas sobre la calidad de las aguas" Op. cit. Págs. 271 y ss.
- (13) SEOANEZ CALVO, M. y RODRIGUEZ RAMOS, L. : "La contaminación ambiental" Op. cit. Págs. 257-258.

Apéndice

871.

Modelo de plantilla del Código Alimentario español utilizado por el Laboratorio de Higiene y Sanidad Municipal de Madrid.



**AYUNTAMIENTO DE MADRID**  
DELEGACION DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL  
LABORATORIO MUNICIPAL DE HIGIENE

Referencia

Fecha

**ANALISIS DE AGUA**

**químico**

BASES PARA LA CALIFICACION.—Decreto núm. 2519/1974, de 9 de agosto, de la Presidencia del Gobierno (B. O. de 13 de septiembre de 1974)

Nombre y apellidos o razón social

SOLICITANTE

Domicilio

Residencia

MADRID-5 BALEN, 41 - TELEFONO 246 28 48  
SECCION DE AGUAS POTABLES, RESIDUALES E INDUSTRIALES  
Procedencia del agua según manifiesta el solicitante

Profesores analistas

El Director Jefe del Laboratorio.

DETERMINACION

MIUGRAMOS POR LITRO

Cantidades Tolerables Cifras obtenidas

Residuo fijo a 110° C (I) .....	750	1.500	
Cloruros, expresados en cloruro sódico (I) .....	250	350	
Sulfatos .....	200	400	
Bicarbonatos .....	—	—	
Materia orgánica total, valorada en líquido ácido y expresada en oxígeno (I) .....	3	3	
Amoníaco, por reacción directa (I) ..	0	0	
Nitritos (I) .....	0	0	
Nitratos .....	30	30	
Dureza, en grados franceses (I) .....	40	80	
Calcio y magnesio, expresados en óxido de calcio (I) .....	224	446	
pH, medida potenciométrica (I) .....	7,0-8,5	6,5-9,2	
Turbiedad, en unidades Jackson (I) ..	5	10	
Cloro libre residual (I) .....	—	—	
Cobre .....	1,5	1,5	
Cinc .....	1,5	1,5	
Manganeso .....	0,2	0,2	
Hierro .....	—	—	
Plomo .....	0,1	0,1	
Litio .....	—	—	
Sodio .....	—	—	
Potasio .....	—	—	
Calcio .....	100	200	
Magnesio .....	50	100	

(I) Comprende potabilidad.

CALIFICACIONES GENERALES. — Potables: Que no sobrepasen los límites máximos o tolerables. — Sanariamente tolerables: Sobrepasados algunos límites, siempre que no sean tóxicos, radiactivos, no den agresividad ni indiquen contaminación fecal posible. — No potables: Los que no puedan incluirse en los anteriores grupos.

Certificación química

#### 4.3.2. Agua, morbilidad y mortalidad en Madrid.

Dentro de las enfermedades en las que el agua puede ser vehículo de transmisión están:

- Fiebre tifoidea.
- Fiebre paratifoidea y otras salmonellosis
- Disentería bacilar y amibiasis.
- Enteritis y otras enfermedades diarreicas. (Gastroenteritis)

Los agentes que se pueden encontrar en el agua son los que aparecen en el cuadro siguiente:

#### Agentes transmisores de enfermedades hídricas hallados en las aguas contaminadas.

Salmonella Typhi...	fiebres tifoideas
Salmonella paratyphi	" paratifoideas
Salmonella Sp.....	alimentos envenenados
Vibrio cholerae.....	cólera
Shigella Sp.....	disentería
Entamoeba histolytica.	disentería
Schistosoma Sp.....	esquistosomiasis ó
	bilharziasis.
Taenia Sp. ....	Helmintiasis
Leptóspila Sp.....	Enfermedad de Weil's
<u>Enteric virusis</u>	
a) Polio virus.....	Poliomielitis
b) Cocksackie virus...	miocarditis, enfermedad de
	Bornholm
c) Echo virus .....	diarrea y enfermedades res-
	piratorias.

Fuente: James, D.B.: Some aspects of water quality control. Environment and man. Vol. VII., Blackie, London 1978, pág. 56.

En este grupo están por un lado las llamadas enfermedades bacterianas, aunque el agua puede ser también vehículo de transmisión de enfermedades virales, como la hepatitis viral y por otro lado puede transmitir enfermedades de animales como el carbón infeccioso y algunos parásitos como los áscaris.

Las fiebres tifoideas y paratifoideas tienen un interesante modelo de propagación; por contacto directo con un afectado, por escoriaciones o heridas en la piel, por insectos y por vía digestiva, ya sea mediante alimentos infectados o por el agua. Desde 1.927 el Canal de Isabel II ha venido prestando junto a las autoridades municipales una importante labor de conocimiento y prevención de dichas enfermedades. (1).

Las causas clásicas de las fiebres tifoideas madrileñas han sido, por un lado, el agua de pozos y de los viajes, ya que al extenderse la ciudad, las conducciones de los viajes y los acuíferos resultaban afectados por los residuos de los pozos negros, que contaminan dichos acuíferos. Otro de los sistemas clásicos de enfermedades tifoideas han sido las verduras frescas que son regadas con aguas de cauces excesivamente contaminados por vertidos urbanos. Nunca se ha podido atribuir al agua del Canal, de forma fundada, como propagador de tifoideas. Es más, si esta se hubiera infectado alguna vez la explosión de la epidemia se habría producido en todo el ámbito municipal y aún le hubiera excedido, por ejemplo, se hubiera producido en cuarteles, colegios, hospitales, etc., y en toda la ciudad de forma indiscriminada, hecho que no ha ocurrido nunca, (en el momento de redactar estas líneas se ha producido una avería en una de las compuertas de Santillana II y los habitantes de determinada zona de Madrid se han visto afectados de enfermedades diarreicas y vómitos no produciéndose ningún fallecimiento, esta catástrofe ha creado fricciones entre Ayuntamiento y Ministerio Correspondiente, ya que los medios de difusión, en su deber de informar al público, para mí, han creado una sicosis de desastre colectivo y alarma entre la

población completamente injustificada). es más, desde la fundación del Canal de Isabel II, las tifoideas y paratifoideas han desaparecido de forma casi total.

CUADRO 1

Años	morbilidad casos registrados	mortalidad número de defunciones
1.889	-	377
1.890	-	349
1.891	-	352
1.892	-	386
1.893	-	230
1.894	-	361
1.895	-	482
1.896	-	509
1.897	-	275
1.898	-	257
1.899	-	210
1.900	-	199
1.901	-	221
1.902	-	222
1.903	-	228
1.904	-	218
1.905	-	186
1.906	-	197
1.907	-	193
1.908	-	160
1.909	-	526
1.910	-	129
1.911	-	131
1.912	-	173
1.913	-	180
1.914	-	230
1.915	-	130
1.916	-	133
1.917	-	156
1.918	-	188
1.919	-	208



875.

Años	Morbilidad casos registrados	mortalidad número de defunciones
1.920	-	391
1.921	-	264
1.922	-	160
1.923	-	129
1.924	-	125
1.925	-	96
1.926	1.165	147
1.927	596	64
1.928	443	107
1.929	698	68
1.930	494	87
1.931	542	74
1.932	464	45
1.933	316	40
1.934	379	26
1.935	363	28
1.936	211	31
1.937	218	21
1.938	129	20
1.939	-	27
1.940	-	31
1.941	-	53

Años	Casos tratados	Defunciones		% sobre total defun- ciones
		Ayuntam.	Canal	
1.942	475	56	59	0,365
1.943	567	40	30	0,304
1.944	293	24	27	0,187
1.945	158	41	47	0,306
1.946	973	30	28	0,220
1.947	-	-	28	-
1.948	815	55	27	0,414
1.949	1.280	54	53	0,388
1.950	1.012	46	42	0,329

876.

Años	Casos tratados	Defunciones Ayuntamiento	% sobre el to tal defunciones
1.951	686	30	0,202
1.952	612	8	0,056
1.953	875	32	0,221
1.954	944	29	0,191
1.955	955	20	0,136
1.956	787	13	0,077
1.957	788	14	0,079
1.958	796	11	0,069
1.959	981	17	0,102
1.960	566	5	0,030
1.961	393	4	0,017
1.962	317	4	0,023
1.963	462	2	0,010
1.964	279	3	0,016
1.965	135	2	0,010
1.966	-	-	-
1.967	142	3	0,015
1.968	157	2	0,009
1.969	179	0	0,000
1.970	118	1	0,004
1.971	70	2	0,008
1.972	131	0	0,000
1.973	118	3	0,002
1.974	86	2	0,008
1.975	129	0	0,000
1.977	86	2	0,013
1.978	56	4	0,017

Fuente: Canal de Isabel II y resúmenes estadísticos del Excmo.

Ayuntamiento de Madrid (Sección de Estadísticas 1.942-77)

Sin duda una de las causas más importantes de esta desaparición de las tifoideas estuvo en las vacunaciones masivas de postguerra. Es más, antes incluso se demostró por parte de los servicios de la Jefatura Provincial de Sanidad de Madrid y otras autoridades, que las fiebres tifoideas eran en un buen número de casos otras enfermedades; del 12 al 15% eran casos importados; y un gran número de casos restantes no se debían al agua del Canal sino a otros orígenes claramente especificados, ya que las tifoideas pueden contagiarse por la leche, verduras crudas, moscas, hielo o simplemente bañarse en una piscina de tipo popular y afluencia masiva. Hoy día, con la promiscuidad de la vida urbana y la costumbre de no echar una gota de lejía en el agua del lavado de las verduras o de tomar la fruta sin lavar y con cáscara, además de la falta de higiene en bares y otros establecimientos públicos, son la principal fuente de enfermedades intestinales y de tifoideas. También otra de las fórmulas que han contribuido junto a las vacunaciones a la práctica erradicación de las tifoideas ha sido el abastecimiento de agua clorada y tratada por medio de sistemas muy perfeccionados que elimina la flora bacteriana, y que constituyen una de las funciones del Canal de Isabel II.

En el Cuadro nº 1 se puede apreciar la práctica extinción de las enfermedades tifoideas y paratifoideas y sobre todo la mortalidad para este tipo de infección, que si bien descendió considerablemente hasta 1.938, las secuelas de la guerra civil vuelven a incrementar la mortalidad que desaparece prácticamente en nuestros días, no afectando, como veremos, mas que a niños de menos de un año y a los ancianos de más de 65. En 1.969 y 1.972 no hay ningún óbito por causa de las tifoideas, lo que demuestra que los casos que se producen no son debidos a las condiciones higiénicas del agua, que mas o menos, es siempre la misma sino a la falta de higiene, particularmente en los alimentos.

La mortalidad por tifoideas entre 1.917 y 1.950, por meses fue en Madrid, según el Canal de Isabel II, la siguiente, expresada en media:

	1.917-25	1.935-45	1.946-50
Enero	15	18	14
Febrero	11	12	12
Marzo	11	26	15
Abril	11	27	19
Mayo	9	45	59
Junio	13	87	66
Julio	20	104	71
Agosto	24	90	70
Septiembre	20	94	59
Octubre	17	81	43
Noviembre	19	58	33
Diciembre	19	32	19

Es decir, se han producido las épocas de máxima mortalidad por tifoideas en los meses de verano, esto es, en la época en que se consumen más frutas y verduras frescas o cuando las colonias de bacterias se desarrollan con más facilidad en los alimentos. La morbilidad por tifoideas y paratifoideas en Madrid por meses entre 1.970 y 1.978, era la siguiente:

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	media
Enero	5	9	13	12	1	7	8	5	5	7
Febrero	7	2	11	6	6	4	6	12	6	6
Marzo	4	4	12	6	3	7	4	5	2	5
Abril	9	3	6	9	4	7	8	4	3	6
Mayo	13	3	10	7	7	16	11	6	6	8
Junio	22	2	18	8	8	6	15	6	2	9
Julio	9	5	14	9	9	15	21	13	3	11
Agosto	12	14	11	18	6	9	8	3	6	9
Septiembre	13	7	10	15	10	16	16	17	7	12
Octubre	6	8	5	10	18	31	19	9	6	12
Noviembre	11	3	7	3	11	7	8	2	5	6
Diciembre	7	10	14	13	4	10	5	4	5	8
Total	118	70	131	118	86	134	129	86	56	

Fuente: Ayuntamiento de Madrid. Resumen estadístico. Años 1.971-71.

De forma que la morbilidad actual se vuelve a producir en su mayoría en los meses de verano; junio, julio y agosto, aunque también en septiembre y octubre. Si las tifoideas hubiesen estado producidas por el agua del Canal de Isabel II no existiría tal diferencia intermensual, sino que el número de defunciones de las cifras anteriores y el de enfermos de las últimas cifras estarían más equilibrados por meses. El descenso de agosto es debido a el "veraneo" que hace que el número de casos sea menor.

Todos los años, la Delegación de Sanidad del Excmo. Ayuntamiento de Madrid (4) realiza una campaña de formación y control sanitario de los establecimientos de Madrid para evitar las intoxicaciones producidas por ingerir alimentos contaminados, ya que las que se producen en la temporada estival, al menos en un 90%, según el Laboratorio Municipal de Higiene, son provocadas por la leche en mal estado, los pasteles de crema, los alimentos conservados en salazón y las verduras en vinagre o mahonesa. Los síntomas de estas intoxicaciones son: dolor gástrico, diarreas, vómitos y colapso, todo ello sin fiebre. La suciedad, es también fuente de contaminación, especialmente los productos congelados. También se realizan análisis en el pan y la bollería, así como en enlatados, conservas y aceites para refritos, salsas y zumos.

Por otra parte, si el agua estuviera contaminada en Madrid, las tifoideas atacarían por igual a todos los grupos de edad, particularmente a los niños de cinco años y a los ancianos, pero la morbilidad sería general, no habría grupo de edad que se salvase, ni existirían diferencias importantes entre unos grupos de edad y otros. Sin embargo eso no sucede, lo que prueba que el estado de pureza del agua es general:

Morbilidad: grupos de edad con mas enfermos

Años	Primer grupo	Segundo grupo	Tercer grupo
1.970	15-19 años	10-14 años	25-29 años
1.971	10-14	15-19	25-29
1.972	10-14	20-24	15-14
1.973	10-14	15-19	5-9
1.974	10-14	15-19	5-9
1.975	15-19	5-9	35-39
1.976	10-14	20-24	15-19
1.977	10-14	5-9	25-29
1.978	10-14	5-9	25-29

Fuente: Excmo. Ayuntamiento de Madrid, Resumen estadístico  
1.970-1.978.

Es decir, que los grupos más afectados son los que tienen entre 10 y 14 años, seguidos de los grupos de edad entre 15 y 19 y 25-29 años, y por último entre 5 y 9 años. La explicación más racional es que se trata de grupos de edades jóvenes, que controlan menos escrupulosamente los alimentos que ingieren, particularmente los grupos de edad entre 5 y 20 años.

No sucede lo mismo con la mortalidad por tifoideas, sobre todo en los últimos años, que alcanza a niños de días, es decir, mortalidad en el primer mes, y a ancianos de más de 65 años, y en este caso las tifoideas se utilizan como una causa más de defunción. Hay que hacer notar que el mayor número de defunciones de este tipo se produce en personas de 80-85 años. Tanto en un grupo como en otro, pienso que el agua no debe ser la causa de la mortalidad, ya que los niños de días, toman gran cantidad de productos lácteos, que son mas susceptibles de contaminación que el agua, simplemente por tener más materia orgánica, y a los ancianos que por su debilidad natural son más sensibles a la infección bacteriana.

Otra de las causas que hacen pensar que el Canal de Isabel II no tiene nada que ver con las tifoideas y paratifoideas es

la localización geográfica de las mismas en los distritos de Madrid. (Cuadro n° 2).

CUADRO N° 2

MORBILIDAD EN TIFOIDEAS Y PARATIFOIDEAS POR DISTRITOS  
MADRILEÑOS

Distritos	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	Media
Centro	4	1	4	7	9	7	0	4,5
Arganzuela	3	5	2	8	4	2	1	3,5
Retiro	2	5	3	1	2	1	6	2,8
Salamanca	2	2	1	6	2	1	0	2
Chamartín	5	10	2	5	6	1	1	4,2
Tetuán	20	14	9	15	14	12	9	10,5
Chamberí	5	1	4	2	2	2	1	1,7
Fuencarral	3	2	3	9	5	1	3	3,7
Moncloa	5	4	3	3	1	2	1	2,7
Latina	4	3	2	11	4	3	1	4
Carabancheles	25	18	14	20	19	13	8	16,7
Villaverde	11	7	8	8	13	3	5	7,8
Mediodía	7	5	4	10	8	5	9	6,8
Vallecas	9	24	11	11	18	12	3	12,5
Moratalaz	8	3	3	5	3	4	2	4
Ciudad Lineal	7	5	1	5	10	4	4	5
San Blas	8	5	8	4	6	8	0	5,5
Hortaleza	4	4	4	4	3	5	1	3,5

Fuente: Resumen estadístico. Ayuntamiento de Madrid. Años 1.972-78.

Se aprecia en el cuadro como los distritos mas populares y de menor de renta teórica: los Carabancheles, Vallecas, Tetuán Villaverde y Mediodía, es decir, los barrios del Sur, Oeste y algunos del Norte son los más afectados por la morbilidad de tifoideas. Por otro lado, los barrios de mayor nivel de renta y mejor nivel de vida, tienen menos enfermos anuales por dichas enfermedades; son los distritos de Retiro, Salamanca, Chamberí y Moncloa. Los barrios de clases medias tienen un número de enfermos medio, entre 3,5 y 5,5 enfermos/año. Es decir, que

existe claramente una jerarquización inversa entre el nivel de renta y tifoideas. Por tanto, si el agua fuese un elemento transmisor de la enfermedad la morbilidad sería general por distrito, y eso sin tener en cuenta la población: ya que tan poblados están los distritos de Latina o Ciudad Lineal, como los de Vallecas o Villaverde, mientras que los enfermos son la mitad. Es decir, que las tifoideas afectan fundamentalmente a los distritos de renta más débil y no a todos; afecta a aquellos barrios de alimentación menos cuidada, de sanidad menos cuidada y de infraestructura menos densa.

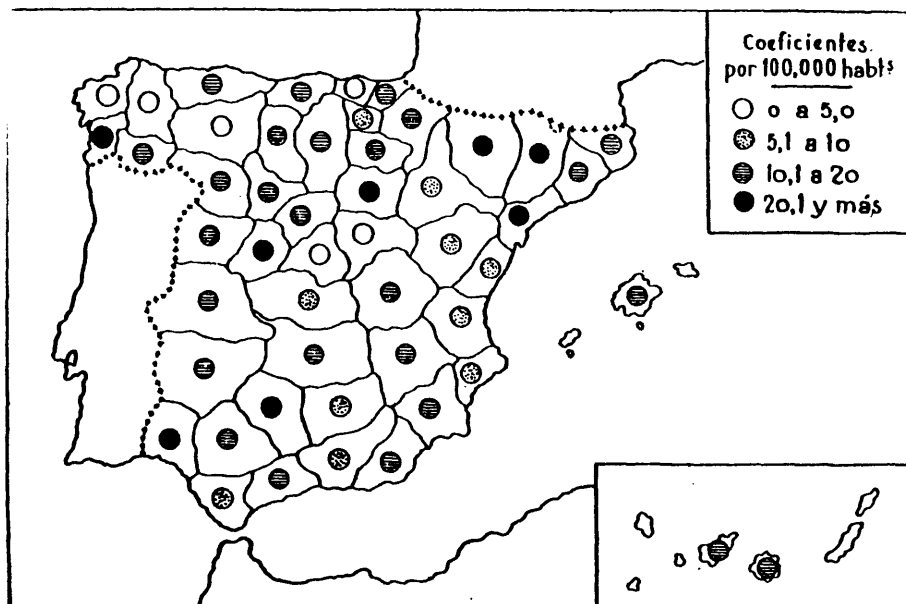
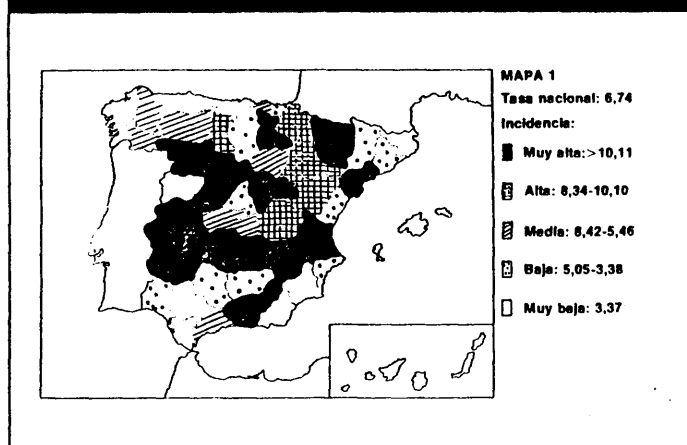
En 1.927, ya existían sistemas de cloración en el agua de Madrid, y es a partir de los años 20 cuando comienzan a reducirse las tifoideas en Madrid, gracias a las vacunaciones masivas con bacterias muertas. Madrid era en 1.927, a nivel nacional, una de las ciudades más sanas por lo que respecta a las tifoideas, con sólo 12 defunciones cada 100 mil habitantes, mientras que Valencia tenía 40,8; Córdoba 44,9; Barcelona 22,8; Zaragoza 26,4 y Sevilla, 34,6. En 1.945 Madrid seguía teniendo a nivel nacional coeficientes por tifoideas de mortalidad muy bajos (5), incluso inferiores a Barcelona, Valencia, Sevilla, Málaga, Zaragoza, Bilbao, etc. En 1.950, Madrid era la capital con mas baja mortalidad por cien mil habitantes de un número importante de capitales de provincia española; igual que en otras ocasiones.

Para que se pueda apreciar la baja incidencia que en Madrid tienen las tifoideas, adjunto dos mapas expresivos (6), el primero; de tasas de mortalidad por capitales de provincias en 1.943, donde se aprecia como nuestra ciudad es una de las pocas capitales que en la postguerra tenía tasas bajas. El segundo es de morbilidad por tifoideas en las provincias españolas en 1.968; Madrid aparece con tasas bajas, pero a nivel provincial, si pensamos que tiene el 12% aproximadamente de la población española, podremos apreciar la importancia que tienen esas bajas tasas en relación a las provincias limítrofes.



MORTALIDAD POR 100.000 HABITANTES

Año 1943

**Fiebres tifoidea y paratíficas 1978**TASAS DE MORBILIDAD

MORTALIDAD EN MADRID POR DIFERENTES ENFERMEDADES

Años	Cólera	Fiebre paratifoidea	Disentería bacilar y amibiasis	Enteritis	Hepatitis
		<u>EDAD</u>	<u>EDAD</u>	<u>EDAD</u>	<u>EDAD</u>
1.970	0	1 (65-74)	0	-	1 (75-84)
1.971	0	1	1 (85)	21 (55)	4 (55-74)
1.972	0	0	0	22 (55)	2 (65-74)
1.973	0	1 (9 meses)	1 (45-54)	20 (10-75)	2 (55-74)
1.974	0	0	0	22 (11-65)	2 (55-74)
1.975	0	1 (4 meses)	0	13 (5-55)	0
1.976	0	0	0	9 (8-65)	1 (1-4)
1.977	0	0	0	20 (12-75)	0
1.978	0	0	0	17 (12-55)	1 (55-64)
Total	0	4	2	144	13

Con este cuadro he pretendido al relacionar la mortalidad madrileña, en aquellas enfermedades en que el agua es uno de los posibles elementos transmisores, entre otros muchos, que se vea la importancia mínima que tendría el agua si fuese el único transmisor en el total de la mortalidad madrileña, que en un año es ( 1.978) de 23.608 defunciones, mientras que las llamadas enfermedades hídricas, (mal llamadas, ya que el agua es uno de los posibles transmisores), tendrían un valor porcentual sobre el total de la mortalidad de 0,07%, o lo que es lo mismo 7 de cada 10.000 defunciones. Con 18 fallecimientos al año, media (1.970-78) de las cinco enfermedades. En conjunto no tiene ninguna importancia en el total de la mortalidad, pero es más, salvo mortalidad infantil, se trata en la mayor parte de los casos de enfermos que mueren con más de 55 años, y puedo asegurar que mas de la mitad tienen más de 65 años, por lo que se puede afirmar que se incluye como una causa de muerte más en ancianos de organismo débil.

El cólera ha desaparecido de Madrid capital al igual que la disentería, que es una de las más típicas enfermedades hí-

dricas. Las fiebres paratifoideas casi ha desaparecido también, aún cuando no han sido entre nosotros tan frecuentes como las tifoideas. La Enteritis quizá sea la menos hídrica de todas las enfermedades mencionadas, ya que puede ser transmitida fácilmente por alimentos en mal estado, mientras que la Hepatitis, de los dos tipos A y B, sólo la B es producida por el agua, pero es la más infrecuente entre nosotros.

Puedo afirmar, no sólo sobre bases estadísticas, sino por preguntas a científicos de otras especialidades, que es muy difícil y muy poco probable que el agua del que se abastece Madrid pueda producir ningún tipo de enfermedad, aún cuando en alguna ocasión se hayan podido detectar con microscopio, electrónico o simple, algún tipo de bacteria o alga, que lo único que indica es la existencia de un agua viva, o de alguna bacteria patógena que podría estar en relación más directa con el cuidado de los edificios de gran altura de la ciudad que con el agua que sale de los depósitos del Canal de Isabel II. Es más, la principal causa de enfermedades como Tifoideas, Paratifoideas, y Disenterías son producidas por no estar los alimentos en las debidas condiciones.(7)

NOTAS 4.3.2.

- (1) Información del Canal de Isabel II. Exposición de la ciudad y de la vivienda moderna. Madrid, 1.927. Págs. 21-43.
- (2) Canal de Isabel II. Memoria 1.945. MOP. Madrid, 1.945.
- (3) Análisis realizados por Sanidad han detectado la presencia de estreptococos fecales en los productos de alimentación de algunos bares madrileños, por lo que es casi segura una campaña de sanidad en los establecimientos madrileños.
- (4) Diario ABC: Información local. 6 del 7 de 1.980. Pág. 21.
- (5) Canal de Isabel II. Exposición de la ciudad y la vivienda moderna. Op. Cit.  
Canal de Isabel II. Memoria 1.945. Op. cit.  
Canal de Isabel II. Memoria 1.946. 5o. Op. cit.
- (6) Canal de Isabel II. Memoria 1.945. Op. cit.  
Revista Ciudadano: Agosto 1979. Pág. 27.
- (7) Revista Ciudadano: Agosto 1.979. Pág. 27.

Existe una evidente relación entre enfermedades y dotación de agua por habitante como demuestra la O.N.U. en un trabajo reciente sobre planeamiento de recursos naturales en el que se dice:

Estudios realizados en Singapur sobre los efectos del suministro de agua por tuberías en los niveles sanitarios indicaron que con el aumento del abastecimiento de agua por habitante durante el decenio de 1.960 hubo un notable descenso de la mortalidad debida a ciertas enfermedades propagadas por el agua, como la gastroenteritis o disentería, y de la frecuencia de tales enfermedades, y llegan a la conclusión de que un consumo doméstico diario por habitante de 90 litros de agua de gran calidad conducida por tuberías parece ser el "mínimo social" para la prevención de las enfermedades propagadas por el agua en esa ciudad.

El consumo doméstico de agua en relación con las enfermedades transmitidas por el agua según la información de hospitales de Singapur, 1960-1970

Año	Promedio del consumo doméstico de agua (litros diarios por habitante)	Enfermedades (casos comunicados)			
		Disentería	Difteria a/	Gastroenteritis y colitis (Defunciones)	Poliomielitis a/
1960	68,71	480	642	519	201
1961	65,98	581	587	389	48
1962	68,71	622	353	340	12
1963	59,60	644	394	247	66
1964	72,39	687	204	174	12
1965	80,44	522	226	167	40
1966	81,08	537	214	192	10
1967	76,90	381	207	173	3
1968	83,36	435	54	124	4
1969	90,18	466	64	146	-
1970	94,14	443	50	138	-

Fuente: "Domestic, industrial and commercial water demand in cities in developing countries in South-east Asia with particular reference to Singapore", documento de trabajo preparado por G. Gunaratnam para el Grupo Especial de Expertos de las Naciones Unidas en pronóstico de las necesidades de agua, mayo de 1972.

a/ El descenso se debe probablemente a una campaña general de inmunización.

Fuente: Naciones Unidas: La demanda de agua, procedimientos y metodologías. Recursos Naturales. Serie del agua n° 3. Nueva York, 1976. pág 63 y 216.

#### 4.3.3. Vertido y recuperación. Saneamiento y eutrofización de las cuencas que abastecen Madrid.

He mencionado que el Canal de Isabel mantiene una preocupación constante por las urbanizaciones y pueblos cuyas aguas residuales (1) vierten en un punto u otro de la cuenca receptora de los embalses. El problema puede revestir una gravedad extraordinaria, ya que, aún en el supuesto de que se efectúe un tratamiento secundario, químico, de las aguas residuales previamente a su vertido a las cuencas de los embalses, la eliminación de nutrientes difícilmente alcanza el 80% del contenido en las aguas brutas y, en consecuencia, se pueden rebasar con gran facilidad los umbrales de admisión en cada uno de los embalses, generando procesos de eutrofización de muy difícil reversibilidad y las peores consecuencias para los caracteres organolépticos de las aguas del abastecimiento, por las crecientes dificultades de su tratamiento en las plantas convencionales. Este comienzo de eutrofización ha sido perfectamente identificado en la cuenca vertiente del embalse de Pinedilla, en la cabecera del Lozoya y amenaza con agravarse muy rápidamente de proliferar el desarrollo de urbanizaciones y asentamientos residenciales. El problema preocupa también en la O.C.D.E.

La eutrofización es (etimológicamente bien alimentada) un proceso provocado por un enriquecimiento anormal en nutrientes sobre todo fósforo y nitrógeno y se puede definir como el enriquecimiento, normal o anormal, de un agua en nutrientes, principalmente fosfatos y nitratos (2). Los embalses, según Mariano Seoáñez, cuando son jóvenes son oligotrofos tienen una baja productividad, en decenas de años se van estabilizando, sus orillas sufren erosión aunque también se estabili-

zan bajo la acción de la vegetación ripícola. Existe, desde el principio, una estratificación térmica: la capa inferior de aguas frías y profundas, el hipolimnion y la superior de aguas más calientes y superficiales, el epilimnion, que aumenta al disminuir la profundidad del embalse por aportes de los ríos. A continuación aparecen incrementos de la vegetación de las orillas y la masa de agua se eutrofiza aumentando la DBO y los procesos aerobios. El hipolimnion se modifica y se presentan fermentaciones anaerobias, el color del agua cambia, por ejemplo, en aguas bajas, el embalse "El Vellón" tiene una coloración parda, no azul como el Atazar. El proceso es azul, verde, marrón o rojizo. Finalmente el embalse se colmata. El boom del proceso coincide con la aparición de la llamada flor de agua, que consiste en la proliferación repentina de algas microscópicas en las estaciones cálidas. Esta proliferación es un fenómeno relacionado con la eutrofización y una consecuencia de ella, aparecen olores y sabores desagradables y a veces se plantean casos de toxicidad incluso en animales.

En un reciente trabajo de Urbistondo (3) que resumo, se ha analizado el estado trófico de los embalses que abastecen Madrid. En este artículo se afirma que el Canal de Isabel II es uno de los primeros utilizadores de embalses en España que fue consciente del grave riesgo que corría por el fenómeno de la eutrofización<sup>que</sup> afecta a todos los embalses en mayor o menor medida dependiendo de la época de construcción. Además se estudian procedimientos biológicos que contribuyan a reducir el aporte de nutrientes. El primer paso fue aproximarse al conocimiento de las aportaciones de nutrientes en las cuencas de Lozoya, Guadalix, Manzanares y Guadarrama-Aulencia, siguiendo los criterios: origen de las sustancias eutrofizantes con dos casos:

- a) Fuentes u orígenes difusos
- b) Cargas puntuales de aprovisionamientos o descarga de sustancias nutritivas.

Las cargas puntuales son más fáciles de examinar; se trataría de descargas de alcantarillas y aguas residuales, de poblaciones, con detergentes y escorrentías urbanas. Las aportaciones difusas son: erosión de los suelos, aportes del aire, fuentes biológicas, tales como pájaros acuáticos (estos contaminantes son relativamente importantes en aquellos embalses que están en las rutas de las aves emigrantes y tienen poco fondo y mucha superficie, como Santillana), caída de hojas, polen, etc., así como aportes de la actividad humana, lixiviación de abonos naturales y artificiales, elementos de la polución del aire, y particularmente las aportaciones de la ganadería.

BASES PARA LA VALORACION DE LOS APORTES DE  
NUTRIENTES PRODUCIDOS POR SERES HUMANOS  
Y GANADO

Conceptos	Kg/individuo/año		g./m <sup>2</sup> /año	
	N	P	N	P
Hombres	4,38	0,547	0,00438	0,000547
Equino	76,80	11,400	0,07680	0,011400
Bovino	70,20	7,650	0,07020	0,007650
Ovino y Caprino	8,93	1,500	0,00893	0,001500
Porcino	18,75	5,685	0,01875	0,005685

Para valorar los aportes de hidrógeno y fósforo debidos a la población se han empleado los valores por individuo/m<sup>2</sup>/año que figuran en la tabla superior, tomando como base de cálculo 12 grms. por día para nitrógeno y 15 gramos por día para el fósforo. Los detergentes aportan en fósforo el 50% de los desechos humanos, las escorrentías urbanas aportan el 10%. En cuanto a los aportes agrícolas se tienen en cuenta en el artículo citado las estadísticas de consumo Kg/Ha. de abonos; 10-25% de los 1,76 gr./m<sup>2</sup> de nitrógeno y 1-5% de los 0,26 gms./m<sup>2</sup> de fósforo.



El resumen de las aportaciones por cuenca está en el cuadro:

APORTACIONES DE NUTRIENTES POR LAS CUENCAS, EN G/M2. AÑO

CUENCA DEL EMBALSE			NITROGENO		FOSFORO		VALORES MEDIOS	
Nº	Nombre	Hab./km <sup>2</sup>	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
5	El Atazar	16,09	0,173	0,318	0,0141	0,0202	0,246	0,0162
1	Pinilla	16,08	0,209	0,407	0,0159	0,0227	0,308	0,0193
3	Puente Viejas	18,90	0,293	0,595	0,0192	0,0297	0,444	0,0245
4	El Villar	26,45	0,228	0,378	0,0249	0,0311	0,303	0,0280
2	Riosequillo	26,55	0,354	0,692	0,262	0,0378	0,523	0,0320
7	Santillana	65,50	0,476	0,680	0,0650	0,0750	0,575	0,0700
6	El Vellón	63,88	1,098	1,892	0,0908	0,1172	1,495	0,1040
8	Valmayor	227,34	1,344	1,715	0,2021	0,2148	1,530	0,2085

Estas sustancias nutrientes transportadas desde las zonas receptoras se acumulan en los embalses y para su estimación, Urbistondo y otros, aceptan que el factor de acumulación es proporcional al factor ambiente definido como el valor cociente entre la superficie de alimentación y la superficie del embalse. La carga específica de un embalse se obtiene multiplicando las cifras de migración de la cuenca por el factor ambiente. En efecto, existe una valoración de la carga efectiva, ya que dependerá de la superficie de las cuencas la llegada de aportes, y además es posible que parte del nitrógeno y el fósforo se eliminen por procesos biológicos antes de llegar al embalse. De cualquier forma, los autores recogen las cargas específicas de los embalses, además de las cargas admisibles de nitrógeno y fósforo a diferentes profundidades, teóricas y en los embalses, en función de la profundidad, es decir del volumen de agua del embalse.

CARGAS ESPECIFICAS DE LOS EMBALSES EN G/M2. AÑO

Nº	EMBALSE Nombre	F	NITROGENO		FOSFORO		VALORES MEDIOS	
			Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
5	El Atazar	18	3,114	5,724	0,2754	0,3636	4,419	0,3195
4	El Villar	34	7,752	12,852	0,8466	1,0574	10,302	0,9520
1	Pinilla	59	12,331	24,013	0,9381	1,3393	18,172	1,1387
7	Santillana	70	9,400	13,600	1,3000	1,4900	11,500	1,3950
3	Riosequillo	45	15,930	31,140	1,1790	1,7010	23,535	1,4400
2	Puentes Viejas	93	27,249	55,335	1,7856	2,7612	41,292	2,2734
6	El Vellón	54	59,292	102,168	4,9032	6,3288	80,730	5,6160
7	Valmayor	45	60,480	77,175	9,0945	9,6660	68,828	9,3803

LÍMITE DE CARGAS ADMISIBLES PARA  
EL NITRÓGENO TOTAL Y EL FOSFORO  
TOTAL EN G/M2. AÑO

Profundidad media hasta	1. Carga tolerable hasta		2. Carga peligrosa a partir de	
	N	P	N	P
5 m.	1,0	0,07	2,0	0,13
10 m.	1,5	0,1	3,0	0,2
50 m.	4,0	0,25	8,0	0,6
100 m.	6,0	0,4	12,0	0,8
150 m.	7,5	0,5	15,0	1,0
200 m.	9,0	0,6	18,0	1,2

PROFUNDIDAD MEDIA Y LÍMITES DE CARGA  
EN G/M2. AÑO. ADMISIBLES

EMBALSE	Profundidad media en metros	CARGA PELIGROSA A PARTIR DE	
		Nitrógeno	Fósforo
1. Pinilla	8,61	2,72	0,18
2. Santillana	8,66	2,77	0,18
3. El Vellón	10,20	3,00	0,20
4. Riosequillo	14,88	3,61	0,24
5. El Villar	15,50	3,69	0,24
6. Valmayor	16,49	3,81	0,24
7. Puente Viejas	17,40	3,92	0,25
8. El Atazar	40,00	7,00	0,45

Además en este modelo se tiene en cuenta que los embalses y por otro lado los aportes son estáticos, es decir, permanecen siempre igual, y esto no es cierto, no se ha contado con el factor renovación de los embalses que es sumamente importante, ya que va a permitir que en los movimientos y renovación de las aguas desaparezcan también parte de los nutrientes porque simplemente se pierdan en los desagües. Con todo, el modelo da como resultado la valoración siguiente de cargas peligrosas por cuenca:

G/M2 EN QUE CADA EMBALSE REBASA LA CARGA PELIGROSA  
(CONSIDERANDO TAN SOLO LOS APORTES DE SU CUENCA)

Nº	EMBALSE	NITRÓGENO		FOSFORO		VALORES MEDIOS	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Nitrógeno	Fósforo
5	El Atazar	3,89	1,28	0,17	0,09	2,58	0,13
4	El Villar	4,06	9,16	0,61	0,82	6,61	0,71
3	Riosequillo	12,32	27,53	0,94	1,47	19,93	1,20
1	Pinilla	9,61	21,29	0,76	1,16	15,45	0,96
7	Santillana	6,63	10,83	1,12	1,31	8,73	1,21
3	Puente Viejas	23,33	51,42	1,54	2,51	37,37	2,02
6	El Vellón	56,29	99,17	4,70	6,13	77,73	5,41
8	Valmayor	56,67	73,37	8,85	9,43	65,02	9,14

Por última se expresa en el artículo mencionado el estado trófico de los embalses.

ESTADO TRÓFICO DE LOS EMBALSES

EMBALSES	Relación carga específica/carga peligrosa. Factor de peligrosidad		CLASIFICACION
	N	P	
1. El Atazar	0	0	Oligotrófico
2. El Villar	1,79	2,97	Eutrófico (+)
3. Riosequillo	5,52	5,00	Eutrófico (++)
4. Pinilla	5,68	5,33	Eutrófico (++)
5. Santillana	3,15	6,72	Eutrófico (+++)
6. Puente Viejas	2,02	8,09	Eutrófico (+++)
7. El Vellón	25,91	27,08	Eutrófico (++++)
8. Valmayor	17,07	38,08	Eutrófico (++++)

En conjunto, el artículo que he resumido me parece en cierta medida exagerado, es decir, que no se han tomado en cuenta determinados hechos como la movilidad de las aguas y su propia turbulencia, y por otro, se han infravalorado la extensión de las cuencas y sus capacidades de autodepuración.

A pesar de todo, significa una buena llamada de atención a un fenómeno particularmente importante que puede ser en el futuro tema de preocupación, por lo que pueda significar de gastos extraordinarios, si no se pone remedio, como es la eutrofización de los embalses, particularmente en las cuencas del Guadarrama-Aulencia, Guadalix y Manzanares, y se impone una política de restauración de masas de agua tal como propone Seoáñez Calvo, (4) así como, acometer los planteamientos de este autor con óptica ejecutiva, además de inventar y estudiar nuevos índices de medida del estado trófico de los embalses mas operativos y realistas.

El modelo que propone Seoáñez es global; ante todo, es necesaria una evaluación del grado de eutrofización de las masas de agua disponibles, (esto ya lo ha realizado el Canal, sólo quedarían las cuencas del Alberche y Jarama, para mi en estado oligotrófico). Para ello y en primer lugar, habrá que diagnosticar cada caso particular estudiando los parámetros que indican el nivel de eutrofización, a saber: Productividad primaria, estructura y densidad de plancton a lo largo del año, vitaminas disponibles, estado del biótopo (transparencia, composición, etc.), nivel de clorofila, grado de productividad, etc. En segundo lugar se deberá investigar sobre las fuentes y causas de la eutrofización, es decir, se trataría de conocer el origen y volumen de los aportes de nitrógeno y fósforo (en general, nitratos y fosfatos). Generalmente no es difícil evaluar las causas de la eutrofización (también está realizado por el Canal), los vertidos a una masa de agua pueden tener como origen:

- Aguas residuales procedentes de zonas urbanas.
- Aguas residuales industriales.
- Aguas de los afluentes (según el estado, volumen y calidad de los aportes.)
- Aguas residuales de prácticas agrícolas y forestales (arrastrés y filtraciones)
- Vertidos accidentales.

En tercer lugar es necesario conocer la capacidad de la masa de agua y asimilar estos aportes del nivel de absorción que alcanza sin que sus ecosistemas se vean alterados. En cuarto lugar se impone una evaluación económica de los diversos métodos de actuación de la rentabilidad que puede tener una acción de este tipo y de la incidencia económica que produzca la eliminación de cada una de las causas de la perturbación según orden de importancia. Finalmente se deben aplicar los sistemas que se hayan juzgado adecuados a cada caso particular. Se debe tener en cuenta el uso al que va destinado el agua. La actuación sobre las masas de agua puede efectuarse:

- sobre factores energéticos
- sobre factores tróficos
- sobre el entorno, mediante medios artificiales

#### Sobre factores energéticos.

- Impedir el aporte de energía solar para evitar el crecimiento de las algas fotosintéticas, interrumpiendo el proceso de eutrofización.
- Instalación de pantallas artificiales o naturales, repoblación de orillas con árboles de gran porte que produzcan sombra.
- Provocar nieblas artificiales que disminuyan la luminosidad.
- Verter una película de productos opacos que impidan la fotosíntesis.

- Aumentar la turbidez por adición de materia en suspensión (MES), que cierta población ictícola se encargará de agitar.

#### Sobre los factores tróficos

- Producción de lluvias mediante acción química que cree núcleos de condensación (rentabilidad escasa).

#### Sobre la cuenca

- Repoblación forestal para evitar aportes, sedimentaciones, empobrecimientos de suelos, etc., con los que se puedan mitigar y controlar las avenidas.
- Actuación sobre los sistemas de cultivo que eviten filtraciones y arrastres de nitratos y fosfatos.
- Desvío de aportes.
- Colectores.
- Tratamiento de aportes.
- Prohibición de verter aguas residuales agrarias.
- Fajas protectoras del terreno.
- Prohibición de detergentes con fosfatos.

#### Sobre el agua

Los sistemas de acción se basan en la interrupción del ciclo del alimento, que procedente del hipolimnion asciende al epilimnion.

- Dilución. Aporte de aguas limpias.
- Precipitación. Se añaden compuestos floclulantes que impidan el crecimiento de fitoplacton.
- Sifonado. Una o varias conducciones que van desde los fondos al efluente con el fin de renovar las aguas del hipolimnion.
- Limpieza, extracción mecánica y acción química, mediante

- redes, mangas, tamices, etc., para hacer disminuir los eslabones de la cadena trófica.
- Uso de alguicidas y virus para disminuir eslabones de la cadena trófica.
- Aireación de las aguas profundas mediante turbinas, compresores, etc. de forma que se produzcan oxidaciones en los fondos.
- Modificación de la profundidad mediante vaciado o aumento de nivel.

#### Sobre el sedimento

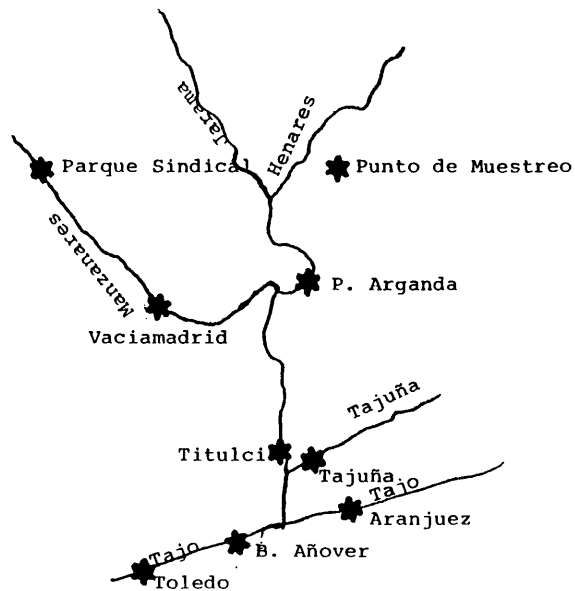
Se basa esta actuación en la fijación de los fondos con objeto de impedir la migración (dilución) de nutrientes hacia el epilimnion.

- Estabilización y fijación del fondo. Se puede realizar mediante adición de una capa de arcillas, grava, planchas de polietileno, bentónitas. etc.
- Dragado. Consiste en extraer de los fondos el material sedimentado, creemos que debe aplicarse en casos de poca profundidad y después de estudios intensivos para preveer perturbaciones indeseadas.

He hablado hasta aquí de las aguas del Canal, o de las abastecidas a Madrid, pero me vuelvo a plantear, otra vez, una reflexión que hice al principio de mi exposición,, y que fue sugerida por M. Labasse ¿la ciudad de Madrid es solidaria con el resto de la cuenca aguas abajo?.

Ante la creación y puesta en práctica del trasvase Tajo Segura y ante la contestación que dicho proyecto ha tenido por parte de los habitantes de las provincias aguas abajo del Tajo, particularmente en Toledo y Cáceres, y por otro lado, la contestación por parte de los habitantes de estas provincias.

ante los vertidos y la contaminación que soportan de los ríos que llegan de la provincia de Madrid, han justificado una obligada toma de conciencia por parte de la Administración para dar solución al problema del agua en la cuenca del Tajo. Particularmente, ha sido importante el trabajo de Catalán Lafuente, Cabo y Mora (5) que realizaron un estudio sobre el sistema de los ríos Jarama, Manzanares y Tajo, entre marzo de 1.974 y junio de 1.975.



Los datos medios de la demanda química de oxígeno son en mg./litro de oxígeno los siguientes:

	Parque Sindical	Vaciamadrid	Arganda	Tajuña	Titulcia
DBO	7,1	102,5	9,8	4,4	47
	Aranjuez	Barca Añover		Toledo	
DBO	6,5	13,2		12,5	

El río Tajo en Aranjuez tiene una DBO de 6,5 mg. de media en cinco tomas, similar a la del Tajuña que es 4,4 mg. de media. Pero fijemos nuestra atención en el agua que entra en Madrid por el Manzanares con una DBO media de 7,1 y sale con 102,5 en Vaciamañad, cifra muy considerable. An Arganda se une al Jarama, y por consiguiente al Henares, que ultimamente alcanza unas cifras de vertidos residuales de industrias químico-farmacéuticas (no olvidemos que este tipo de empresas utilizan derivados del mercurio que lo envían a las aguas residuales). El DBO en Arganda es de 9,8, débil todavía, pero en Titulcia es de 47, además la contaminación del Jarama se la comunica al Tajo que tiene hasta Toledo 12,5 pasando por Añover con un DBO medio en cinco tomas de 13,2. Además Catalán y sus colaboradores afirman que la contaminación aumentan considerablemente de la primera a la última toma. Un factor importante es la capacidad de autodepuración de los ríos, esto pensando en que estén vivos, pero si se acumulan metales, detergentes y otros compuestos orgánicos como hidrocarburos, etc., la vida de los ríos se puede resentir hasta hacerlos irrecuperables y convertirlos en nuevos Urumeas, (algún periódico madrileño compara el Manzanares con dicho río quichuano.) Este mismo diario (6) afirma que las posibilidades de depuración sólo alcanzan de forma total el 5% de los vertidos. Supongo que tratamiento terciario incluido, y el 60% de las aguas residuales recibe un tratamiento parcial.

Las depuradoras actuales son:

- La China.....	5.100 l./seg. aguas tratadas.	
- El Pardo.....	550 l./seg.	
- Viveros.....	550 l./seg.	
- Butarque.....	3.200 l./seg.	
- Rejas.....	1.100 l./seg.	
- Sur.....	-	} Plan de Saneamiento Integral de Madrid y Plan General de Estaciones Depuradoras.
- Valdebebas...	-	
- Sur-Oriental.	-	
- Aguas tratadas	10.500 l./seg.	

Total vertidos Madrid 12.000 l./seg.



Pero a lo sumo ese tratamiento es primario y secundario, ya que el terciario resultaría de momento excesivamente costoso.

En las memorias del Canal (7), se da cuenta del aumento de las tarifas y del cambio de la estructura legal del Canal. Por Decreto Ley 1.091/1.977 de 1 de abril, el Canal pasa a ser empresa pública dependiente del MOPU, y entre otras competencias, podrá hacerse cargo de la gestión integrada del abastecimiento-saneamiento, incluida la depuración de las aguas residuales de cualquier municipio de la provincia de Madrid. Por Decreto 1080/1.978 de 2 de mayo, modificado por los artículos 10-11 del Decreto 3.068/1.975 se dispone la incorporación en las tarifas del incremento necesario para la financiación del Plan de Saneamiento Integral de Madrid y del Plan General de Estaciones Depuradoras. El Real Decreto 2.215/1979 de 7 de septiembre modifica las tarifas y se aumenta el Canon del P. de Saneamiento I. de Madrid; por último el Real Decreto 2.528/1.979 de 7 de septiembre, culmina los trabajos que el MOPU y el Canal han venido realizando con el Gobierno Civil, Diputación Provincial y Municipios de la Provincia de Madrid para sentar las bases del Plan de Saneamiento Integral.

En definitiva la depuración de las aguas residuales madrileñas es ya un hecho, que se verá acrecentado a medida que los recursos aumenten, por pago al Canal de las cuotas correspondientes, ahora bien, los municipios serán en última instancia los que aceleren o retarden los planes de saneamiento. De momento el municipio de Madrid tiene prevista la construcción de diez nuevas estaciones depuradoras de aguas residuales que permitirán una mejora importante en la calidad de las aguas que nuestra ciudad envía a la cuenca del Tago.

Podríamos resumir este hecho afirmando que Madrid es solidaria con el resto de la cuenca, pero que esta política de

que "el que poluciona paga" se verá realizada en un plazo de 10 años por lo menos, ya que los recursos no se inventan, no obstante, en los próximos años se notará una disminución de la contaminación en las cuencas del Jarama y Manzanares, que supondrán un aporte de aguas limpias en la cuenca del Tajo, y además un caudal considerable, susceptible de ser utilizado que supla en parte los déficits creados por el trasvase Tajo-Segura.

NOTAS 4.3.3.

- (1) Urbistondo, R.: "El abastecimiento de agua a Madrid".  
Boletín de la Real Sociedad Geográfica. Op. cit.  
pág, 164.
- (2) Seoáñez Calvo, M., Rodríguez Ramos, L.: "La contaminación ambiental". Op. cit. págs. 228 y ss.
- (3) Urbistondo, R. y otros: "La eutrofización de los embalses del Canal de Isabel II". Revista CIMA. MOPU, Madrid, 1.980. págs. 34 y 39.
- (4) Seoáñez Calvo, M.: "La contaminación ambiental, Op. cit.  
Pág. 229.  
Idem. : "La contaminación agraria". INIA, Madrid, 1.977.
- (5) Catalán Lafuente, J, Cabo Durán, J. y Mora Durán, J.:  
"Estudio de la calidad química y biológica en los ríos  
Manzanares, Jarama y Tajo. Inst. del Agua, C.S.I.C.  
Madrid, 1.976.
- (6) Diario ABC de Madrid, 6-7, 1.980. Págs. 22-23.
- (7) Canal de Isabel II: Memorias, 1.977-1.978-1979. MOPU, Madrid.

Apéndice 4.3.

COPLACO: Plan Especial de Infraestructuras básicas de la provincia de Madrid. M.O.P.U. Madrid, 1.977. pág. 32.

Los planes completos de depuración de las aguas de la provincia de Madrid son:

Para la ciudad;

Año 1.976

Butargue.... Depuración de aguas residuales de una población de 750.000 hab.

China..... Ampliación para aguas residuales de 1.200.000, con tratamiento primario.

Año 1.980

China..... Completar depuración para 2.000.000 habitantes con tratamiento biológico.

Viveros..... Ampliar la capacidad hasta 300.000 habitantes con depuración biológica.

Rejas..... Depuración biológica.

Sur ..... Entrada en funcionamiento con capacidad de 2.500.000 con tratamiento primario.

Años 1.980-87

Butargue... Completar con depuración biológica.

Sur..... Ampliación a 2.500.000 con depuración biológica.

Rejas..... Duplicarla con depuración primaria y biológica.

Valdebebas. Entrada en servicio, con capacidad para 300.000 habitantes.

Sumando todas las capacidades previstas, anteriormente expuestas, se obtiene un total de capacidad de depuración hasta casi siete millones de habitantes, para el año 2.000,

con lo que se paliarán en gran parte los actuales problemas de contaminación de los ríos Manzanares, Jarama, y como consecuencia, la degradación del Tajo, al que afluyen.

Los sistemas de depuración intermunicipales, cabe destacar los siguientes proyectos:

- Depuración de los vertidos de Alcorcón, Mostoles y Villaviciosa de Odón, que vierten al arroyo del Soto, afluente del Guadarrama.

- Alcobendas, San Sebastián de los Reyes, con vertido al arroyo de la Vega cuyo cauce receptor es el Jarama.

- Getafe, Pinto, Parla, Fuenlabrada y Humanes que evacúan al arroyo del Culebro, que afluye al Manzanares.

- Zona oriental de Alcorcón, Leganés, San José de Valderas y Villaverde, que vierten al arroyo Butarque, que tendrán el colector de Butarque y de allí a la depuradora del mismo nombre para evacuar al Manzanares.

- Proyectos de estaciones depuradoras en Alcalá, Torrejón, Aranjuez, Majadahonda, Paracuellos, Torreloredones, Soto, San Lorenzo, El Escorial, San Martín de Valdeiglesias, Pelayos, etc, así como la Mancomunidad de pueblos de la Sierra.

Apéndice del capítulo 4.3.

Paz Maroto, José : Ingeniería Sanitaria Urbanística. Madrid, 1942. Págs. 563-567.

A propósito de lo enunciado en los puntos de este capítulo incluyo a modo de apéndice las opiniones sobre el agua y la sanidad en Madrid de Paz Maroto. Este afamado autor, ya desaparecido,, plantea el problema de la Sanidad en nuestra ciudad en un capítulo de instalaciones sanitarias españolas en los años 40 del que destaco los párrafos siguientes:

" El problema de la depuración de las aguas residuales de Madrid es típico, tanto por las características extremadamente desfavorables de una gran población de 1.000.000 de almas desaguando en un curso de agua ( El Manzanares) de escasísimo caudal durante gran parte del año, como por la serie de estudios preliminares, sucesivamente perfeccionados, que se han hecho por los ingenieros municipales.

Los 450 kilómetros de alcantarillado que tiene la capital de España, reunidos en dos grandes cuencas o colectores, la del Manzanares y la del Abroñigal, se fusionan en el emisario y vierten en el río Manzanares, que a su vez lo hace en el Jarama, 21 km. aguas abajo y cuyo caudal es poco más importante que el del primer río.

La dotación media de agua actual es de 265 litros por persona y día y determina un caudal medio residual de 3,070 metros cúbicos por segundo a verter en el Manzanares, cuyo caudal medio es de 2,5 metros cúbicos por segundo, que se reduce en estiaje a 700 u 800 litros.

Si se observa la curva de mortalidad por fiebre tifoidea en Madrid representada en la figura 591, vemos que se puede descomponer en una curva media continua de endemia que se representa entrazos y varios brotes epidémicos correspondientes a los años 1910 y 1920.

La curva media de la endemia va disminuyendo gradualmente

gradualmente siguiendo una marcha inversa a la curva representativa de la longitud de alcantarillado en servicio, que se expone en la misma figura 591. Cabe preguntarse si esta disminución seguirá la misma marcha hasta anularse prácticamente, tal como antecede en la mayoría de las ciudades inglesas, o si, por el contrario se establecerá en una cifra mínima. Opinamos que se puede afirmar sin temor a equivocación, que de seguir el problema de la depuración sin resolver, no descendería la mortalidad por fiebre tifoidea por debajo de una cifra límite, si se estudian las causas más probables de endemia.

Pueden reducirse a dos todas las causas posibles: contaminación de las aguas potables o contaminación de los alimentos. En la figura 592 se presenta la curva media anual de mortalidad mensual durante los últimos veinte años. En ella se observa que la máxima mortalidad tiene lugar en los meses de julio, agosto y septiembre. Si fuera debida a la contaminación de las aguas potables parece lógico que siguiera

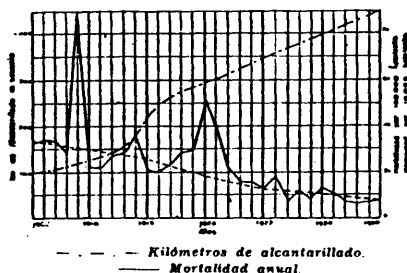


Fig. 591.—Curva de mortalidad por fiebre tifoidea de 1906 a 1935.

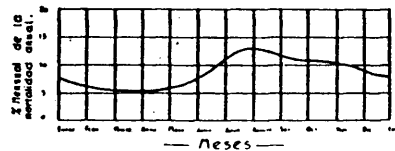


Fig. 592.—Curva media de mortalidad mensual en por 100 de la anual.

con un retraso de alrededor de un mes, a los momentos de máximo contenido de Coli en las aguas; estos máximos corresponden a los meses de enero y abril, y los subsiguientes de febrero y mayo, no sólo no coinciden con los máximos de mortalidad, sino que corresponden a los mínimos. En cambio, si comparamos aquella curva con el consumo de verduras en crudo, vemos que este consumo tiene su máximo en los meses de junio,

julio y agosto, siguiendo una curva muy semejante a la figura pero adelantado en un mes. Por otro lado, los casos no se suelen dar en barrios determinados sino que se esparcen esporádicamente en toda la población, lo que hace desear la hipótesis de la contaminación de los antiguos viajes como causa posible (los viajes en la actualidad, 1981, están todos clausurados). Parece indudable por tanto que el consumo de verduras en crudo es el verdadero, o, por lo menos, el principal origen de la endemia. Este razonamiento se refuerza aun si se tiene presente que la curva de la figura está referida a una población constante cuando en realidad la población de Madrid disminuye notablemente en los meses de junio a septiembre por lo cual la verdadera curva anual resultaría más acusada.

Las cifras de morbilidad que señalan las estadísticas oficiales no guardan correlación con las de mortalidad, por existir aun, sin duda, una gran ocultación en los casos no seguidos de defunción.

Creemos más seguro suponer una morbilidad 10 veces superior a la mortalidad por ser este el coeficiente generalmente adoptado en otros países.

Parece, por la forma de la curva, que la mortalidad oficial por fiebres tifoideas no descendería en las actuales circunstancias de evacuación de unas 60 a 70 defunciones anuales.

La labor previa más importante que se realizó, la constituyó el estudio de las aguas a lo largo de los ríos Manzanares, Jarama y Tajo, o sea en toda la zona afectada por el desagüe, figura 593, estableciendo el gráfico de D.B.O. ; que es el de la figura 594.

Las aguas del río Manzanares tienen, antes del desagüe de los colectores, una demanda bioquímica de oxígeno de 30 partes por millón, la cual se eleva una vez vertidas las aguas residuarias a 360 partes por millón. El nitrógeno amoniacal, nulo antes del vertido se eleva después de él a 40 p.p.m. . A partir del desagüe, la curva de D.B.O. sigue la marcha indicada en la figura 594 a lo largo de los ríos citados. En el río Tajo pasado Aranjuez, todavía quedan una demanda de 82 p.p.m.



ý un contenido de nitrógeno amoniacal de 10 p.p.m. . Por la marcha natural de la disminución de demanda se puede suponer que hasta Toledo por lo menos, no disminuirá su valor a las 30 partes por millón que contenían antes del vertido las aguas del Manzanares y que es la máxima cifra admisible, a nuestro juicio.

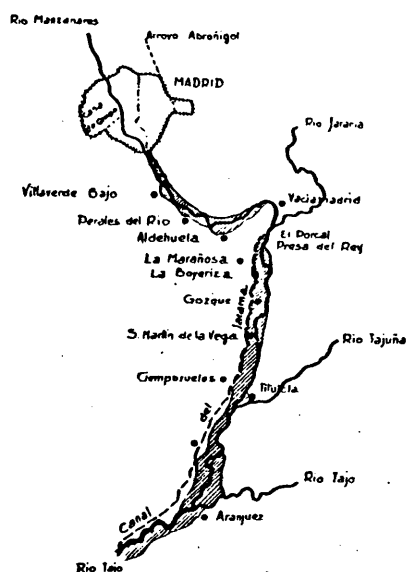


FIG. 593.—Plano de los ríos y poblados afectados por las aguas residuales y superficie regada.

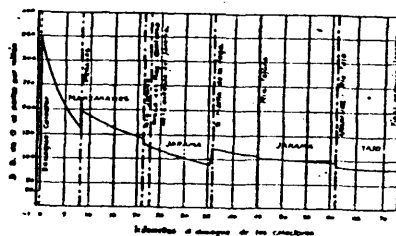


FIG. 594.—Variaciones de la D. B. O. a lo largo de los ríos Manzanares, Jarama y Tago.

Prescindiendo del trozo aguas abajo del final de la acequia del Jarama, o sea limitándonos a los 75 primeros Km, se observa que con aguas sépticas y cargadas, por tanto, de gérmenes intestinales, se riega una inmensa zona de huertas (que aparece rayada en la figura 593), cuya extensión excede de 7.500 Has. Si se tiene presente, según la frase de un célebre higienista, que las tierras de labor son en muchas ocasiones la continuación del intestino humano por la permanencia en

ellas de los gérmenes característicos, y que esta zona de huertas es la única de importancia en las proximidades de Madrid y la principal abastecedora del mercado de verduras de la capital se comprende fácilmente el origen de la endemia tífica y otras de carácter intestinal, cuya importancia, singularmente en verano es de gran consideración.

Aparte de los efectos en la salubridad de Madrid, causada el vertido directo al Manzanares otros de no menor importancia en los pueblos de las riberas de los ríos afectados, en donde los casos de enfermedades intestinales son relativamente más frecuentes y graves, aparte del efecto general del continuo desprendimiento de miasmas fétidos que hace, cuando menos desagradable la permanencia en las proximidades de los ríos y da lugar a una despoblación de esa rica zona.

Efectuados asimismo numerosísimos análisis de las aguas residuales para conocer, no sólo los valores medios, sino variaciones horarias, se llegó al resultado que indica el adjunto cuadro, que corresponde a tiempo seco.

	MAXIMO		MINIMO		MEDIO	
	HORA	VALOR	HORA	VALOR	HORA	VALOR
Sedimentación en una hora, cm <sup>3</sup> /litro.	10	14,5	22	2,6	18 1/4	8,70
Sólidos en suspensión p. p. m.	11	700	24	159	18 1/4	379
Sólidos en disolución p. p. m.	11	747	22	216	18 3/4	518
N. amoniacal p. p. m.	10	61,5	24	9	17 3/4	31,4
N. orgánico p. p. m.	11	42	24	10	—	23,3
Grasas p. p. m.	14	110,8	—	—	—	53
Cl. en cloruros p. p. m.	11	120,78	22	33,25	19 3/4	69,2
P. H.	11	8	18 1/2	7,4	—	7,68
D. B. de O., p. p. m.	11	615	4	215	—	358

Los valores corresponden al líquido decantado después de una hora de sedimentación. La demanda bioquímica de oxígeno está determinada por el método de Sierp a los cinco días.

Los valores medios fueron calculados teniendo en cuenta la variación del caudal a las horas correspondientes y representan la media real en las veinticuatro horas.

Como ejemplo de las variaciones horarias de la composi-

ción de las aguas se transcriben en la figura 595 las curvas correspondientes a la D.B.O. y a los sólidos en suspensión.

Es decir, las hipótesis planteadas por mí en este trabajo están recogidas en 1940 con gran detalle, la única diferencia es la cantidad en la mortalidad o en los vertidos, pero prácticamente llega a las mismas conclusiones que yo, recogiendo valores distintos.

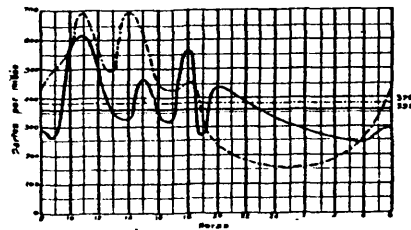


FIG. 595.—Variación horaria de la D. B. O. y de los sólidos en suspensión al final de los colectores.

70

CAPITULO V

PREVISIONES Y CONCLUSIONES

##### 5. PREVISIONES Y CONCLUSIONES

Siempre es difícil hacer previsiones, máxime cuando las actuales circunstancias socioeconómicas pueden introducir variables impredecibles y que en estos momentos no soñamos, o cuando la crisis del petróleo ha creado unas condiciones particularmente graves en el desarrollo económico español y por tanto en el madrileño. Pero como afirma Casas Torres (1); "lo importante no es lo que pueda suceder, sino que cada hombre esté en su puesto, día a día, este es el modo de ganar la batalla diaria de abastecer de agua a Madrid", y dicho por el autor con otras palabras: "las condiciones del relieve, el clima, y el régimen de los ríos madrileños, han hecho difícil la tarea de los hombres del Canal, enfrentados con la necesidad de proveer de agua a la ciudad primero y luego a toda su área metropolitana, sometidas a un crecimiento tan acelerado que ha pasado de 206.714 hab. en 1.846, a más de 4.000.000 en 1.975, y que al mismo tiempo ha pasado de ser una ciudad y provincia con una industria muy reducida, a ser, hace ya mas de 20 años, la segunda provincia industrial de España, en donde se obtiene por lo menos el 12% del valor de la producción total de las industrias españolas.

La historia del Canal de Isabel II es así la historia de un esfuerzo constante por adelantarse a las crecientes necesidades de agua de Madrid y de una constante ampliación de sus proyectos, presupuestos y obras. En ocasiones se llegó a situaciones límite y hubo que implantar restricciones temporales, pero a lo largo de todos sus años de existencia y so-

bre todo entre 1.950 y 1.975, en que Madrid pasó de 1.471.000 hab. a 3.201.000, los técnicos del Canal consiguieron un ritmo de obras tan grande que, con ayuda de las aguas de los ríos del Norte y Oeste de la sierra, y de aguas subálveas, no sólo mantuvieron satisfactoriamente el abastecimiento de Madrid en agua industrial y de consumo directo, sino que incrementaron paulatinamente las dotaciones en litros/hab./día." El mismo autor señala: "quiero subrayar, no obstante, que los directores del Canal siempre tuvieron presente las hipótesis de crecimiento demográfico de Madrid, y como este crecimiento fue realmente formidable desde 1.950 hasta 1.975, esta preocupación en estas fechas fue su auténtica pesadilla. Es lógico que pidieran las hipótesis de población futura a los organismos oficiales que por oficio debían tenerla en cuenta en todos sus planes, es decir, preferentemente a la Comisión del Área Metropolitana. Sin embargo, quienes nos dedicamos a la Geografía de la Población sabemos bien que no hay nada más aventurado que hacer "previsiones" sobre la población futura, y que la propia Organización de las Naciones Unidas tropieza con serias dificultades en sus cálculos. Quiero decir con esto, lisa y llanamente, que no creo en las hipótesis de la Comisión del Área Metropolitana, es posible que sea yo el equivocado, el tiempo lo dirá, y en cualquier caso el Canal hizo muy bien en pedir esos datos y en planear sus trabajos de cara al futuro teniéndolos en cuenta".

Casas Torres, pone un ejemplo de hechos que se han cumplido a medias. Yo quisiera empezar por aquellas previsiones que se han cumplido a medias o que han sido desechadas, para con posterioridad pasar a las previsiones futuras.

#### 5.1. Previsiones pasadas: el Tajo, Entrepeñas y Buendía.

El aprovechamiento de aguas del río Tajo, se pensó en los años cincuenta, como consecuencia de las épocas de sequía de los años 1.944-45 y 1.948-49 (2). Los planteamientos previos de este anteproyecto que como sabemos está desechado, ya que

se basaban en la utilización de los embalses de Entrepeñas y Buendía que hoy se usan para el regadío en la Cuenca del Segura, con el conocido trasvase Tajo-Segura, y en el hecho, erróneamente apreciado, de que el río Lozoya no podía aportar más caudales que 122 Hms<sup>3</sup>, suponiendo terminada la Presa de Riosequillo. No se había entrevisto siquiera la posibilidad de construir el Atazar, embalse que como sabemos juega un papel fundamental en el abastecimiento actual de Madrid. En esta época, también se pensó en la utilización de los embalses de El Vado y el Pozo de los Ramos, el primero ya construido y el segundo en proyecto.

Pero como se pensaba que Madrid podía aumentar su población hasta 3.000.000 hab., y ante la dificultad de encontrar caudales cercanos que permitiesen un mayor abastecimiento, la única solución fue la del Tajo para suplir los déficits futuros, (Mapa 1), con la construcción de un Canal; que primero, en dos aproximaciones se pensaba llevar del Tajo al Sorbe, en el embalse del pozo de los Ramos. En vista de la improcedencia de llevar las aguas del Tajo a reforzar el Canal del Jarama y llegar con ellas al depósito superior del salto de Torrelaguna, y desecharla también, pensando en las posibles entradas de Madrid el llegar por la parte baja, que llevaría a elevaciones costosas, (se pensaba hacer un Canal desde Entrepeñas a la Puerta de Toledo), la solución que se planteó fue llevar el agua hasta la loma de El Goloso (740 m.). Cruzar el Jarama y el Henares con sifones, apoyándose ambos sifones en el cerro de Algete (780 m.), terminando en los Baños de la Humosa (822,2 m.), pasar el trazado por San-Torcal, Anchuelo, Corpa, Pezuela de las Torres, cruzar el Tajuña por Sifón con cota de 830 m., subir por Escariche, pasar por Pastrana y acercarse a la presa de Entrepeñas por Sacedón, llegando a la cota de 850 m. y con varios túneles llegar al río de los Molinos. El Tajo tiene 860 m. y el Canal 871, 89 m. de cota de origen a 226 km. de El Goloso. 48 km. irían en sifón y 178 en canal de agua rodada. Se podría pensar también en una elevación de agua de Entrepeñas a este Canal, lo que tendría sobre la cota del Ca-

9126:

**CANAL DE CONDUCCION DE LAS AGUAS  
DEL RIO TAJO  
— ANTEPROYECTO —**

9126



nal : 145 m. y a embalse lleno 136 m., utilizando la energía inmediata con un motor de 4.533 C.V. y un caudal de  $1 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Los costos eran según las memorias de 1.950:

- un embalse de $300 \text{ Hm}^3$ a pts.....	600 millones de pts
- canal de 226 Km a 8.000 pts/m.....	1800 millones "
- Total .....	2408 " "

y se suponía que el caudal sería de  $12 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y  $378 \text{ Hms}^3/\text{año.}$

El problema mas interesante, para mí, es que las aguas de Entrepeñas y las de la posible toma tienen contenidos salinos importantes, que aunque potables, necesitarían correcciones y haría subir los costos.

Este proyecto fracasó, fundamentalmente por la distancia; 226 km. son casi cuatro veces la longitud del Canal antiguo, y significaban obras importantes. Además se descubrió que el Lozoya podía todavía aumentar su capacidad de abastecimiento con la construcción, de nuevas presas, y además se podían traer aguas de otros puntos; solución Oeste, de sentido contrario al que se presentó en este fracasado anteproyecto.

#### 5.2. El Alberche y el Tietar.

Aunque todavía no se han hecho los proyectos pertinentes; cabe la posibilidad de que Madrid y su provincia puedan ser abastecidos desde el Tietar, con un aumento además, de las aportaciones del Alberche. El Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento (3) tenía previstos para los años:

Años	habitantes	dotación l/hab.y día	Consumo $\text{Hm}^3$ año
1.985	4.432.000	457	738,33
2.000	6.610.550	607	1.462,86

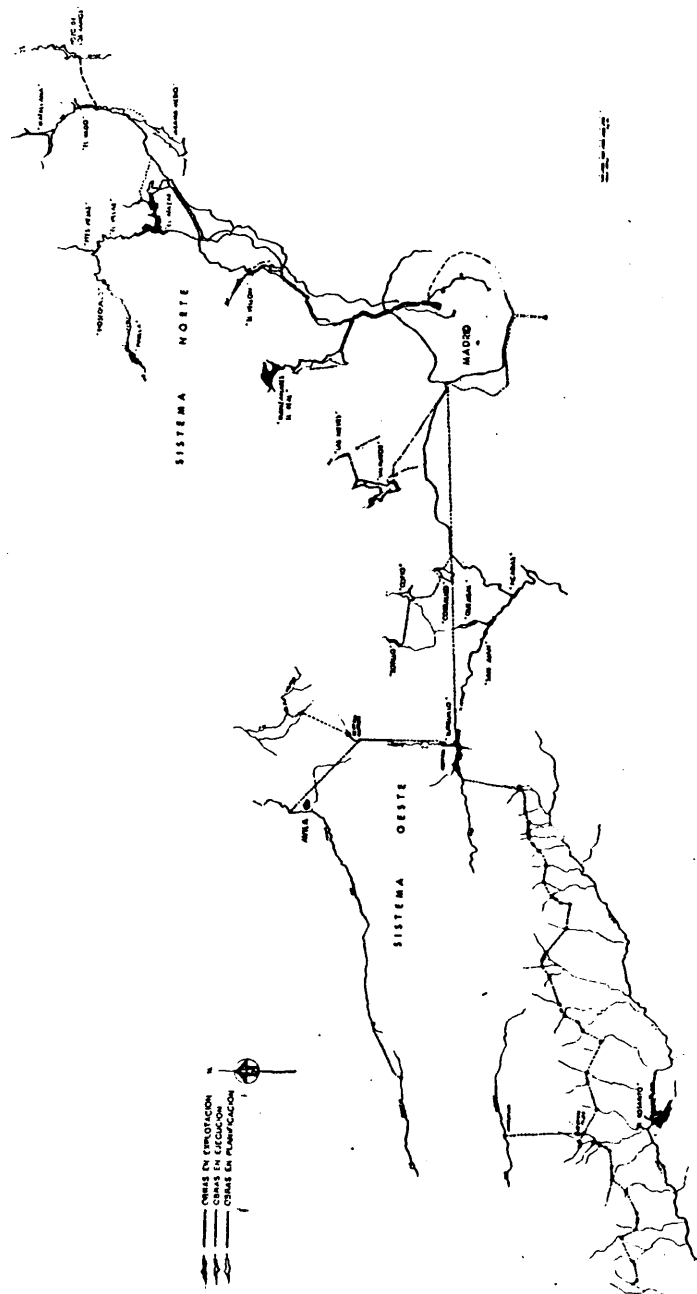
La población se descomponía en 6.000.000 para Madrid y el resto, 600.000 para la zona de influencia. Los recursos que se explotarían serían los del conjunto E-N. en la actualidad casi completo, y el W., con los ríos Alberche, Cofio, Aulencia y Guadarrama, que ya están en funcionamiento, y finalmente el Tiétar y el Tormes.

Estos ríos abastecerían al área metropolitana de  $21,75 \text{ m}^3/\text{seg.}$  hasta completar un caudal regulado de  $44 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , que supondrían  $1.386 \text{ Hm}^3/\text{año}$ .

Aunque los anteproyectos de Tiétar y Tormes no están todavía realizados, están esbozados en sus líneas directrices por el Dr. D. José García Agustín, (4) anterior Director del Canal de Isabel II (4): "El río Alberche se creía también totalmente al margen de la sed de la gran ciudad, por encontrar se afecto a la producción de energía eléctrica de protección particular, a través de una serie de saltos escalonados de la U.E.Madrileña, S.A.: el Burguillo, San Juan y las Picadas, según la marcha del agua, con una capacidad máxima en el conjunto de  $400 \text{ Hm}^3$ .

Pero también le llegó la hora, y el Decreto de 23 de septiembre de 1.965 incorporan al suministro de agua del área metropolitana, los recursos hidráulicos del W., de los ríos Alberche, Guadarrama y Cofio, naciendo entonces lo que se viene conociendo por AMSO, siglas de Abastecimiento Madrid Sistema Oeste. El primero que se ha utilizado es el Alberche, del que todavía quedan San Juan y Burguillo sin explotar, con Picadas, así como el Guadarrama y el Aulencia. En el futuro, continuarán con el Cofio, afluente del Alberche, que vierte en las Picadas. Parece posible y como más conveniente su aprovechamiento con un volumen regulado de  $150 \text{ Hm}^3$ , con un embalse, en el Quejigal, situado casi donde desemboca el Sotillo en granitos bastante sanos, sin quedar afectada la cerrada por fracturas importantes, lo que garantiza su impermeabilidad, y donde se ubicará una presa de gravedad recta de unos 80 m. de

# ABASTECIMIENTO DEL AREA METROPOLITANA



Fuente: José García Agustín: "El abastecimiento Del Area Metropolitana" Rev. Obras Públicas. 915.

altura. El conjunto Sotillo-Cofio-Corralizo, necesitará un estudio de conjunto con relación a las últimas evidencias, que han hecho aparecer el embalse de Quejigal como pieza más importante del sistema.

"Se impone que el aprovechamiento de un reservorio natural como es el Macizo de Gredos, en sus dos vertientes, la Sur hacia el Tiétar y la Norte hacia el Duero, con el Tormes y otros ríos de menor importancia; perforando la divisoria y desviando el curso natural de sus corrientes de agua para captarlos en la Sur e incorporarlos a este sistema de abastecimiento. En la vertiente Sur se dibuja un Canal de cintura del Tiétar, que correrá por la margen derecha de dicho río, de agua abajo hacia agua arriba, para verter finalmente mediante un tunel en el embalse de El Burquillo, desde donde se conducirán las agua a Madrid. Aquel Canal con 82 km en tunel y 13 a cielo abierto se alimentará por las llamadas gargantas, que desde el Alto de Gredos corren hacia el Tietar, mediante 34 presas por las que el Canal salva las depresiones de las mismas, con un caudal en origen de  $28 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y final de  $104 \text{ m}^3/\text{seg.}$ " Para mi, sería conveniente incluir en este proyecto una presa en el propio río Tietar, en Arenas de San Pedro o zonas cercanas sobre-elevando el agua hasta la arteria cintura del Tiétar, y desde allí conducirla a El Burquillo; las posibilidades del Tiétar son enormes, ya que por ejemplo, la pluviometría es constante, con un mínimo de verano acusado, pero con mayor precipitación total que la de las cuerdas que rodean el valle del Lozoya. No obstante, me parece esta idea de anteproyecto como utilizable en el año 2.050.

García Agustín prosigue: "Existe la posibilidad optativa de la prolongación de este canal, arrancando del Azud de la Solana en un afluente de la garganta del Jaranda, cerca de Jarandilla, y que con la misma concepción que el de cintura, es decir, por alimentación de 16 azudes ubicados en otras tantas gargantas, y que después de recorrer

31,5 Kms desemboca en el embalse de Alardos, en el río del mismo nombre, con embalse útil de  $7,2 \text{ Hms}^3$  de capacidad, El agua recibida por este embalse de su propia cuenca es de  $148 \text{ Hms}^3$ , y se eleva al de la garganta de Tejes, con un consumo anual de energía eléctrica de 111 GWH, y desde allí discurre ya por el Canal de cintura.

En la Cuenca del Alberche existe también un anteestudio para la regulación suplementaria del Alto Alberche, mediante tres embalses situados aguas arriba del Burquillo, y que son Navadijos, de  $160 \text{ Hms}^3$  de capacidad; Hoyocasero, de  $73 \text{ Hm}^3$ ; y finalmente Burgohondo, con  $51 \text{ Hm}^3$ . Con estos tres embalses parece que se regularía interanualmente el mismo caudal que con El Burquillo (son semejantes las aportaciones medias) en la actualidad, es decir,  $6,83 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , pudiendo resevarse la capacidad de este último de  $203 \text{ Hm}^3$ , para la regulación de los diferentes trasvases, mas la posible regulación del embalse de El Quejigal. En definitiva, este complejo proporcionaría  $566,53 \text{ Hms}^3$ , (con cuyo volumen se podían alcanzar todas las hipótesis previas que tenía el Canal)".

### 5.3. El Duero-Tormes.

García Agustín pensó también en la posibilidad de trasvases de aguas de la cuenca del Duero si la situación fuese necesaria o conveniente. Mientras tanto, y en espera de mayor información sobre el crecimiento del consumo, y sin decisión inmediata, se dispone de un anteproyecto y consideraciones sobre su viabilidad, como un antecedente necesario para cualquier futuro aunque no de inmediata resolución. El complejo del trasvase tiene dos-zonas bien diferenciadas. La primera es la del Tormes que se realiza mediante un túnel de unos 13 kms. que cruza la divisoria, desde la presa de Angostura, estableciendo en su final una central subterránea con un desnivel utilizable de 293 m., desaguando en el Tejea que es precisamente el origen del canal de cintura citado.

#### 5.4. Duero-Adaja-Voltoya.

La segunda zona comprende la captación de varios ríos; así, la cuenca del Corneja se incorpora a la, de las mismas características, del Adaja, y ambas aportaciones se recogen en una presa próxima a Avila, que con un túnel de unos 15 kms. para 20 m.<sup>3</sup>/seg. desembocará en la presa del Gaznata, en el río del mismo nombre, que se forma por una presa de gravedad y planta recta de 65 m. de altura. A este último río se trasvasa el Voltoya mediante túnel de 12 Km de longitud, con posible utilización de un desnivel de 200 m.

Todo este complejo proporcionará un caudal anual de 486 Hms<sup>3</sup>, con cuya disposición se piensa llegar a 1.997, es decir, prácticamente al año 2.000, con aquel importante incremento de consumo. Es indudable que los anteproyectos que ideó García Augustín son perfectamente viables para abastecer a mas de 10 millones de habitantes, pero la actual crisis económica, el descenso del crecimiento relativo de Madrid, que se hace cada vez mas lento, además de los costos que supondrían las nuevas infraestructuras, hicieron pensar al mismo García Augustín y al resto de los técnicos del Canal en otras soluciones, como la del Jarama medio. Pero además, estas soluciones de ríos del Oeste va a tener un factor importante en contra como son las Autonomías, ya que los recursos hídricos de los mismos tendrían origen en Castilla-León por lo que respecta al Duero, Adaja, Tormes, Voltoya y Corneja, y a Castilla-Mancha por lo que se refiere al Tietar y Tajo, ya Extremadura por lo que respecta a las gargantas del Tietar. Por otro lado sería como mínimo 1.000 Km de conducciones, gran número de presas y de azudes, sustituir presas hidroeléctricas por presas de abastecimiento de agua con los correspondientes problemas de indemnizaciones, etc. Además, hay que pensar que es mucho más fácil descongestionar Madrid, creando y potenciando recursos hídricos y de otro tipo, industriales, de servicios, (segunda residencia, etc.) en estas áreas que añadir problemas a un Madrid congestionado, de ahí que conscientes del problema antes de buscar soluciones al

abastecimiento por el Oeste (no olvidemos que se precisan muchos trasvases y sistemas de sobreelevación), los técnicos del Canal han preferido potenciar los recursos cercanos como el Jarama medio.

#### 5.5. Presa del Jarama Medio

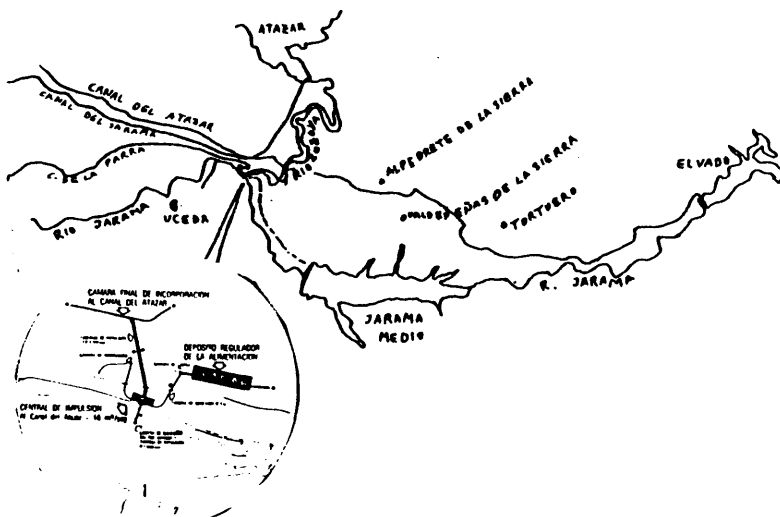
El anteproyecto de esta presa se realizó hacia 1.974 (5). El objeto de este anteproyecto es utilizar todos los recursos de las cuencas de los ríos Jarama y Sorbe para el abastecimiento de Madrid.

"El embalse del Jarama Medio captará y regulará las aguas procedentes del Vado no aprovechadas por el Canal del Jarama y las de la cuenca intermedia entre ambos embalses. Está situado cerca de Uceda, Alpedrete, y Valdepeñas, cerca del límite de Madrid y Guadalajara, en esta provincia. Muy cerca de la presa del Pontón de la Oliva y de la presa de captación de los pozos Ranney, muy cerca de esta se ubicará la estación de bombeo que conectará el Jarama medio con las conducciones del Canal del Atazar, desde la presa a la estación de bombeo las aguas serán conducidas por gravedad, sin perjuicio de que también puedan bombearse. Las obras pueden resumirse en: .

- Embalse en el río Jarama; en las proximidades de la carretera local del Pontón de la Oliva a Valdepeñas de la Sierra (Km 8,5) denominado de la confluencia o del Jarama medio; de capacidad tendrá  $280 \text{ Hm}^3$ . En principio de escollera, pero no se si con pantalla asfáltica o con otro tipo de material impermeable en el paramento aguas arriba. A mí se me ocurre que se podría utilizar una combinación de capas de materiales asfálticos finas, recubiertas por capas aislantes de arcilla, con otra superior de arena y por último recubrir el paramento aguas arriba con planchas de polietileno. Porque pienso que la pantalla asfáltica con las temperaturas elevadas se reblandece en la coronación de la presa y crea algún problema en el mantenimiento

de dicha capa. No soy técnico, pero pienso que la pantalla asfáltica va mejor en climas fríos (Unión Soviética) o templado-fríos (Norte de las Estepas rusas, pradera Norteamericana y Canadiense, Pampa húmeda, etc.) que allí donde las temperaturas pueden alcanzar en días consecutivos valores superiores a los 30°C. Mientras que el polietileno creo que aguantará mejor los 30°C., es más fácil de recomponer y no creo que sea costoso. Los ejemplos se pueden encontrar en Odriel y Censa (6). De cualquier forma, el polietileno es más fácil de recomponer que la pantalla asfáltica o el paramento de hormigón.

Esquema de situación de la presa





5.5.1. Problemas que plantea la nueva división territorial de España.

Todos los proyectos que tengan relación con la creación de trasvases de unas regiones a otras, es posible que sean en estos momentos de difícil realización, o por lo menos de problemática realización. Desde 1.977, La Constitución Española crea los Entes Autonómicos, organizando el territorio nacional, con una nueva estructura, sobreimpuesta a la provincial. Estos entes parecen tener una estructura a mitad de camino entre los entes regionales que reconoce la legislación italiana y los entes federales que están implantados en otros países, como la República Federal Alemana.

El problema no está, a mi modo de ver, en la creación de los entes autonómicos, sino en los mecanismos de relación entre los mismos, es decir, en la legislación que regule de forma acertada los futuros contenciosos entre los diversos entes. El problema se presenta, en particular, en los desequilibrios regionales, que pueden verse incrementados, y de forma especial en los trasvases, energía, agua, mano de obra, etc, dado que en la actualidad no existen los sistemas de compensación económica entre los entes subdesarrollados y los superdesarrollados que haga práctico el principio constitucional de la solidaridad entre las regiones y nacionalidades. Por tanto, cualquier iniciativa de uno de los entes en territorio de otro u otros, crea en la opinión pública de los afectados, especialmente sensible en los subdesarrollados o en períodos de crisis, un estado de irritación que se manifiesta con protestas, manifestaciones populares y campañas de la prensa local. Estos hechos afectan a los trasvases de agua y a las obras públicas, en las que los territorialmente "afectados" no ven beneficios y sí perjuicio por expropiaciones o por cualquier otra causa. Se impone por tanto, acelerar los mecanismos económico-político-sociales de solidaridad por parte del poder legislativo, así como la total solución del problema de las autonomías y sus competencias, para

que una vez ordenado el territorio nacional, poder realizar con las consiguientes compensaciones las obras de interés general por el estado o las obras de un ente en territorio del otro. Privando siempre a mi entender los intereses de la nación sobre los locales o los de los entes.

#### 5.6. Acuíferos cretácicos del Norte de Madrid.

En el trabajo de Corchón Rodríguez (7), que resumo en el aspecto de utilización de aguas subterráneas de los acuíferos cretácicos de Torrelaguna, en el caso que la dirección del Canal lo estime conveniente, y que se enfoca hacia la utilización de los volúmenes de agua almacenados en dichos acuíferos cretácicos para su integración como un elemento más dentro de la red de embalse del sistema Norte que abastece de agua a Madrid:

"La viabilidad de este proyecto se mostraba técnica y económicamente posible, dado que la traza de los canales del Jarama, de El Atazar y de la Parra discurrían durante bastantes kilómetros sobre estos materiales, lo que permitía si sus posibilidades hidrogeológicas eran favorables, la incorporación de los caudales de explotación de estos materiales a los citados canales.

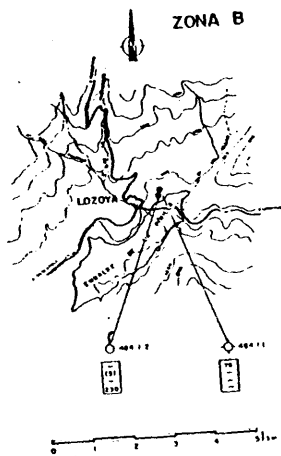
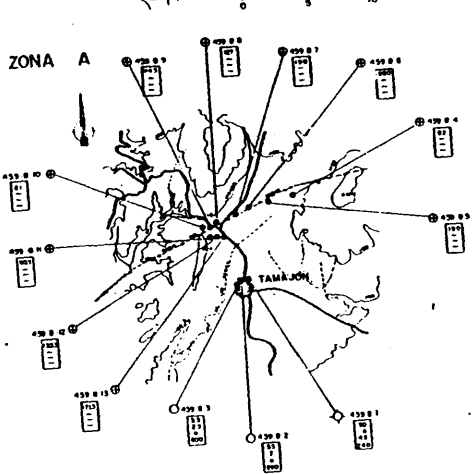
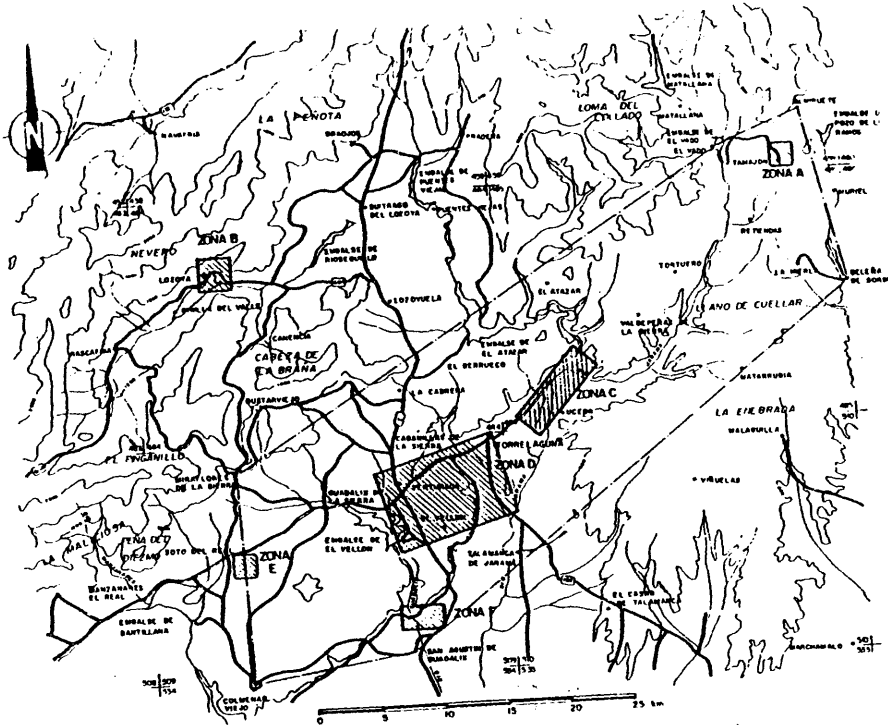
Disponiéndose, pues, de los canales de distribución se trataba de utilizar los acuíferos cretácicos como un auténtico embalse subterráneo que permitiese incorporar caudales importantes a la red actual durante los períodos de sequía (como fueron, por ejemplo, los primeros meses de 1.971) y se recargase hasta recuperar su nivel normal durante los períodos lluviosos, es decir, funcionando como un verdadero embalse de regulación.

La explotación se haría por medio de una serie de pozos situados en las proximidades de los canales que conducen el agua hasta Madrid, vertiéndose en los mismos el agua bombeada de los acuíferos cretácicos.

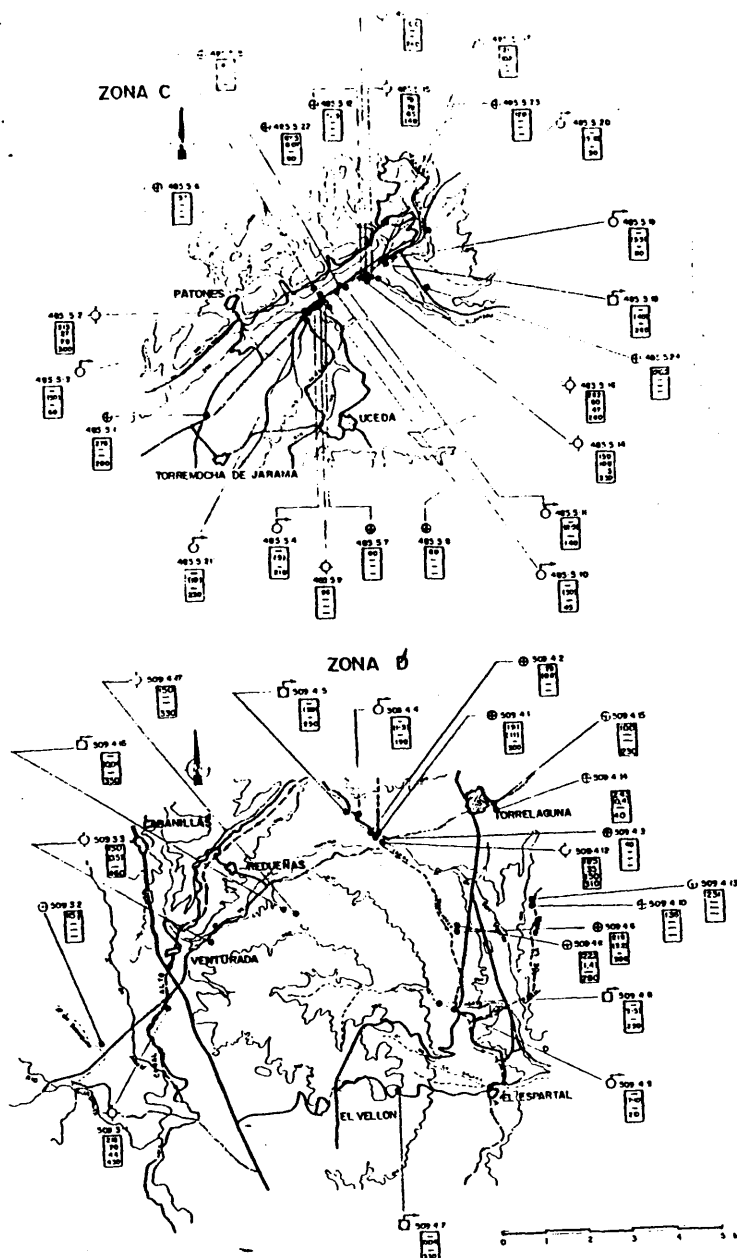
En las condiciones actuales de explotación prácticamente nulas, los acuíferos cretácicos, están llenos de agua, descargándose a través de un conjunto de manantiales cársticos que constituyen sus aliviaderos naturales. En su conjunto almacenan un volumen total de agua probablemente superior a  $1.000 \text{ hm}^3$ . Siendo su capacidad de embalse útil de unos  $150 \text{ hm}^3$ , lo que supone de unas 5 a 7 veces la recarga media anual que reciben dichos acuíferos y que se ha estimado en unos  $20 \text{ a } 25 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

La utilización de los acuíferos cretácicos como embalses subterráneos podría realizarse bajo dos tipos de efecto regulador. El primero de ellos se realizaría sobre sus propios recursos hidráulicos (recarga), es decir, bombeando unos  $20 \text{ o } 25 \text{ hm}^3$  al año; dado que el consumo actual de Madrid es de unos  $400 \text{ hm}^3/\text{año}$  (equivalente a unos  $12\text{-}13 \text{ m}^3/\text{seg.}$ ), la cifra anterior equivaldría a suministrar a Madrid de un 5 a un 7% de su consumo actual, lo cual realmente es una cifra modesta, aunque no debe olvidarse que uno de los mas recientes embalses superficiales construídos, el embalse de Vellón, no proporciona tampoco unos recursos garantizados superiores a los que probablemente puedan proporcionar los acuíferos cretácicos. Se trataría de estudiar la solución económica mas ventajosa para decidir prioridades de proyectos, según su grado de rentabilidad.

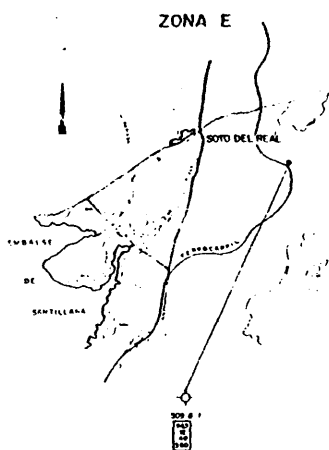
Si se presentase una secuencia climática seca de varios años de duración, con una recarga inferior a la calculada actualmente ( $20\text{-}25 \text{ hm}^3/\text{año}$ ), podrían seguirse bombeando estos mismos caudales o incluso superiores hasta un límite de unos  $150 \text{ hm}^3$ , siendo esta cifra la reservas con las que se podría contar para el caso de una emergencia. En posteriores épocas lluviosas se recargarían los acuíferos hasta recuperar sus niveles normales. El segundo efecto regulador de los acuíferos podría utilizarse sobre los sistemas de los ríos Jarama-Lozoya-Guadalix. Como es sabido, los caudales regulados que pueden suministrar los embalses superficiales están en razón directa con su capacidad de embalse. Los acuíferos cretácicos podrían contribuir a incrementar el efecto regulador del embalse del



Fuente: Corchón Rodríguez.



Fuente: Corchón Rodríguez.



### EXPLICACION

LÍMITE DE LA ZONA ESTUDIADA

DATOS DEL PUNTO DE AGUA

a	PROFUNDIDAD (m)
b	CAUDAL DE BOMBEO (l/seg)
c	DESCENSO (m)
d	DUREZA (p.p.m. de $\text{CaCO}_3$ )

INDICACIONES:

SE DESCONOCE EL DATO

a
b
c
d

• EL POZO SE AGOTA PARA EL CAUDAL L

b
(b)
c
d

(b) CAUDAL SURGENTE

459 8-9 REFERENCIA FICHA DEL PUNTO DE AGUA:

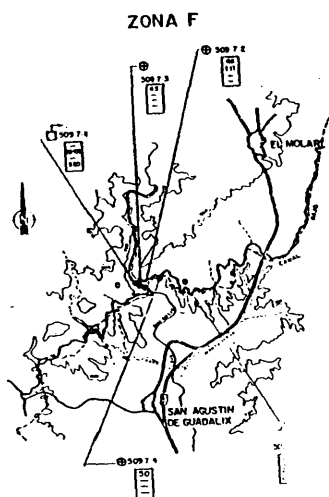
459 NÚMERO DE LA HOJA 1:50000

8 NÚMERO DEL OCTANTE DE DICHA HOJA

9 NÚMERO DE ORDEN EN DICHO OCTANTE

⊗	POZO PERFORADO	○	POZO EXCAVADO
⊕	SONDEO PIEZOMÉTRICO	○	MANANTIAL
□	FUENTE		

Fuente: Corchón Rodríguez.



Vellón sobre las aportaciones del río Guadalix, mediante bombeos intensivos en dichos acuíferos durante las épocas de sequía. También podría utilizarse esta capacidad reguladora de los acuíferos cretácicos para sustituir o reducir la capacidad del embalse superficial que parece ser necesario construir para regular el río Jarama en su tramo medio, en las proximidades de su confluencia con el Lozoya, aguas arriba de la misma. Para ello, se podría utilizar el espacio de almacenamiento que se obtendría en dicha zona mediante un sobrebombeo de los acuíferos cretácicos allí situados; la buena conexión hidráulica existente en la zona de dicha confluencia permitiría la suficiente filtración al provocarse descensos de los niveles en la zona saturada del cretácico. Particularmente pienso que la construcción del presa del Jarama medio no es óbice para el aprovechamiento de los acuíferos cretácicos y que puede haber soluciones técnicas para aprovechar ambos recursos.

Existe un cierto peligro y es el posible empeoramiento de la calidad del agua de los acuíferos cretácicos por la influencia de los yesos de uno de ellos; el acuitardo "Y", cuando se provoquen descensos importantes. Esto ya demuestra la conveniencia de realizar un bombeo experimental de larga duración que permitiría además de controlar la evolución de la calidad del agua, conocer la respuesta de los acuíferos y de las aguas superficiales próximas ante un bombeo intensivo. Ultimamente se está utilizando un modelo digital para hacer una primera estimación de la evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de las calizas cretácicas, y de la influencia del bombeo sobre el caudal del río Jarama, que en el estado actual sirve de drenaje del acuífero. (Ver figuras adjuntas).

#### 5.7. Acuíferos en las arenas arcosas de Madrid.

En la actualidad se explotan los pozos de las captaciones profundas cercanas al Pardo y Fuencarral (El Goloso, de la empresa Agua y Suelo) y los pozos del Plantío (Canal de Isabel II), además de los que abastecían Móstoles y otras poblaciones.

Una de las soluciones posibles al aumento teórico de la demanda del agua puede ser la de los acuíferos de las arenas del mioceno. Hasta el momento los dos sistemas que conectan con el Canal aportan casi un  $\text{m}^3/\text{seg.}$  aproximadamente, de aguas depuradas, naturalmente, por filtración, con mayor contenido de sales pero en cantidades inapreciables y sin materia orgánica. Del trabajo de Pérez Regodón (8) se puede afirmar que la línea en la que hipotéticamente se debería perforar, sería un franja que iría desde San Agustín de Guadalix hasta Aldea del Fresno y Villamanta, pasando de NE a SW por: Viñuelas, Soto de Pesadillas, Tres Cantos, Norte de San Sebastián de los Reyes y Alcobendas, El Goloso, Montes del Pardo, Arroyo de la Zarzuela, el Plantío, Las Rozas, Majadahonda, Pozuelo, Boadilla, Romanillos, Brunete, El Bosque, Sevilla la Nueva, Villaviciosa, Alcorcón, Móstoles, Villanueva de Perales, Villamanta y Aldea del Fresno.

El Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento (8) calcula que se pueden obtener de la cuenca del Tajo en los acuíferos miocenos  $600 \text{ Hms}^3/\text{año}$  de agua, a partir de acuíferos de profundidad inferior de 200 m.

Si pensamos que los pozos de las captaciones profundas dan de tres a cinco  $\text{Hm}^3/\text{año}$  aproximadamente (incluidos los pozos Panney) con la realización de 30 pozos en batería cercanos a las conducciones se obtendría cerca de  $20 \text{ Hms}^3/\text{año}$ . Como he dicho lo interesante sería localizarlos en las cercanías de las conducciones en las zonas descritas, con la posibilidad de aumentar la profundidad hasta 400 o 500 m., como en las captaciones profundas. Y máxime cuando la provincia de Madrid está perfectamente estudiada en los aspectos hidrogeológicos (9).



NOTAS. 5.1.7

- (1) CASAS TORRES, J.M.: "El Canal de Isabel II y el desarrollo de Madrid" Conferencia dictada en el auditorio del Canal de Isabel II, Madrid, 17 de mayo de 1.979. En prensa.
- (2) Canal de Isabel II: Memoria 1.946-50. MOP. Madrid, 1.958. Pág. 379-389.
- (3) Dirección General de Obras Hidráulicas: Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento. MOP., Madrid, 1.966. Cuenca del Tajo. Anejo 1.
- (4) GARCIA AUGUSTI, J.: "El abastecimiento de agua al área metropolitana de Madrid". Revista de Obras Públicas. N° 3.081. MOP. Madrid, Enero de 1.972. Págs. 3-12.
- (5) Canal de Isabel II. Memoria 1.971-74. MOPU. Madrid, 1.977. Pág. 127.
- (6) Dirección General de Obras Hidráulicas. Comentario sobre las Presas de Materiales sueltos con pantalla en España. XI Congreso Internacional de Grandes Presas. MOP. Madrid, junio de 1.973.
- (7) CORCHON RODRIGUEZ, F: Estudio hidrogeológico del Cretácico de los alrededores de Torrelaguna. Madrid y Guadalajara. (Boletín n° 40. Servicio Geológico de la Dirección de Obras Hidráulicas). MOP. Madrid, 1.976. 189 págs.
- (8) DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS. Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento. MOP. Madrid, 1.966. Cuenca del Tajo. Anejo 2. Págs. 121-122.
- (9) COPLACO. Plan Especial de Protección del Medio Físico. MOP. Madrid, 1.975, págs.

5.8. El Canal del año 2.000.

Suponiendo que la tasa de natalidad se mantuviese en torno al 19‰ para todo el área metropolitana, ya que en la actualidad (1.975) Madrid tiene una tasa de el 27‰, pero excluidos los transeuntes la natalidad es del 17,9‰, con tendencia a descender, mientras que esto <sup>no</sup>sucede en el área metropolitana cuya natalidad aumenta considerablemente. Por ello la hipótesis de una natalidad de 19‰ para el área abastecida hasta el año 2.000 no parece exagerada. La mortalidad, por otro lado, se situaría en torno al 7‰, y el saldo migratorio, suponiéndolo positivo para todo el área y cercano al 5‰, tendríamos un crecimiento del 1,7% anual, que es el crecimiento quinquenal de Madrid en 1.975. Este valor sería medio para todos los pueblos del área metropolitana en los próximos 20 años, a esta población se le puede añadir la de los municipios que en el futuro abastezca el Canal por extensión de la red, esto implicaría una población de 6 o 6,5 millones a abastecer. Siguiendo las suposiciones, si a esta población se le quiere suministrar una dotación hipotética de 500 l./hab. y día, se necesitarían unos aportes hidráulicos mínimos de 500-600 millones de metros cúbicos /año con unas dotaciones reales para todo el área abastecida de 250 l./hab. y día, similares o incluso inferiores a las actuales. Estos datos serían los mínimos teóricos, obtenidos mediante el plano de regresión múltiple, y excluyendo Madrid capital de los cálculos previos, aunque no de los prospectivos..

Utilizando la fórmula de Capen, con coeficiente  $K=323,4$ , para los máximos posibles supondría una dotación de 970,2 l./hab. y día con un consumo de 2.300 millones de  $m^3$ /año, lo que supondría quintuplicar en 20 años los recursos actuales y traer agua, por un lado de la cuenca del Duero y por otro de las cabeceras de los ríos del Tajo, Alberche, Tiétar, etc., es decir, totalmente exagerados o por decirlo mejor, disparatados.

Utilizando la fórmula de Capen con  $K = 208,57$  y sin el crecimiento acumulativo del 2 % que daba el Ministerio de Planificación del Desarrollo, la dotación posible sería de 652,7 L/hab. y día, con un consumo de 1.480 millones de  $m^3$ /año, que supondrían triplicar el consumo actual y serían necesarios recursos de las cuencas del Alberche y Jarama para abastecer Madrid y gran parte de la Provincia.

Con el Coeficiente "K" medio de las ciudades europeas en 1.970 igual a 130, los valores de la dotación serían de 390-400 l/hab. y día, que para 6 ó 6,5 millones de habitantes abastecidos, supondría duplicar los recursos hídricos actuales.

	Población	Consumo millones $m^3$ /año	Dotación l/hab. y día
Plano Regresión múltiple	5.900.000	500	235
	6.200.000	530	235
	6.500.000	560	235
<hr/>			
K = 130	5.900.000	825	380
	6.200.000	875	385
	6.500.000	925	390
<hr/>			
K = 208,56	5.900.000	1.325	615
	6.200.000	1.400	620
	6.500.000	1.475	625

La previsión media es la que he elegido: La población estaría entre 6 y 6,5 millones de habitantes, en el área abastecida por el Canal, con un consumo de 700.900 millones de metros cúbicos, que implica doblar los recur-

...  
 sos actuales y con dotaciones superiores a las actuales, es decir, 400 l/hab. y día.

Duplicar el consumo supone, realizar la Presa del Jarama Medio, y aumentar las aportaciones del Alberche, es decir, aumentar la capacidad de los embalses de 800 Hm<sup>3</sup> a 1.600 Hm<sup>3</sup> que implican la construcción antes de 1.995 del Jarama Medio, y la adición del embalse de San Juan con un nuevo sistema de elevación similar al actual de Picadas.

La población crecería, sin contar con los movimientos migratorios y aplicando el índice de crecimiento natural que da Alcaide (1) para España con porcentajes:

Año	%
1.970	1,117
1.980	1,040
1.990	0,790
2.000	0,500

La población de Madrid capital será de 4.000.000 de habitantes, pero el área abastecida por el Canal, habrá pasado de seiscientos mil habitantes a más de dos millones, contando el crecimiento de los municipios abastecidos actualmente y con los que se abastecerán en un futuro próximo. Estoy de acuerdo con Casas Torres y con Vinuelas, sobre que Madrid y el área no van a tener los 8 a 9 millones que proyectó COPLACO y que la dotación no va a ser de 800-900 l/hab. y día que proyectó el Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento.

La dotación que proyectó de 400 l/hab. y día se puede reducir incluso a una cifra menor, dentro del sistema de abastecimiento del Canal, puesto que se puede aumentar la dotación industrial de otras fuentes, como sub-

terráneas, aguas recuperadas, acuíferos cretácicos, aguas de lluvia (ya que están utilizando en algunas zonas infra-dotadas, etc. con lo que el Canal sólo tendría que abastecer los usos domiciliarios, públicos municipales y sociales y parte de los industriales. O por los mismos motivos aumentar la dotación a 450 l/hab. y día.

A la industria, le resultaría mucho más rentable la construcción de sus propios sistemas de abastecimientos de agua porque eliminarían costos, no sólo de agua suministrada, sino de posibles tarifas; descontaminadoras, de contadores progresivos y con saltos cuando se sobrepasen ciertas cantidades etc.

Viguera González (2) en 1.974 planteaba unas hipótesis excesivas, no sólo en crecimiento de población, da la Tasa de crecimiento para el área abastecida del 3,5 %, sino también de dotación con tasa de crecimiento de 2,69 %, y de consumo anual del 6,25 %, cifras que le llevaban en el año 2.000 (cuadro y gráfico adjunto) a valores de 9,6 millones de habitantes, 650 l/hab. y día de dotación y  $2.289 \text{ Hm}^3$  de consumo con caudales regulados de  $72,6 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Es evidente que estas cifras están sobrevaloradas, pero son muy lógicas por lo que voy a decir, pensando particularmente en un hecho, no estaba presente la crisis del Petróleo, que ha supuesto para el desarrollo mundial y particularmente el español, donde no tememos combustibles naturales, un lastre que impide el crecimiento. Las actuales circunstancias afectan al crecimiento de Madrid y por tanto al desarrollo del Canal de Isabel II, paralelo al de la ciudad.

Viguera tenía presente las características de desarrollo de los años 60, así como el P. Nacional de Abastecimiento y Saneamiento, cuando elaboró estos datos, por

La población de Madrid y los volúmenes de agua consumidos (medidos en embalses) son los del período 1900-1973, mientras que los datos del período 1973-2000 son previsiones.

Años	Población abastecida estadística con tasa de crecimiento del 3,5%	Dotación l./hab. y día salida de embalses estadíst. con tasa de crecimiento del 2,69%	Consumo anual en l/hab. <sup>3</sup> Volumen salida de los embalses		Caudal medio equivalente m <sup>3</sup> /seg.
			Estadíst.	con tasa de crecimiento 5,25%	
1900	319.325	129	25.500		0,609
1905	370.000	141	29.400		0,922
1910	599.807	171	37.400		1,196
1915	628.371	209	47.900		1,319
1920	618.982	215	48.575		1,340
1921	608.793	226	49.241		1,361
1922	711.392	211	54.847		1,739
1923	915.391	220	55.266		2,070
1924	783.216	231	56.092		2,096
1925	791.555	223	54.298		2,038
1926	799.894	234	58.385		2,168
1927	908.366	246	72.650		2,304
1928	915.929	242	72.136		2,287
1929	825.471	242	72.400		2,308
1930	834.103	253	80.063		2,539
1931	996.511	270	88.239		2,900
1932	993.646	238	86.399		2,740
1933	962.556	251	88.356		2,902
1934	991.436	245	89.135		2,826
1935	1.015.000	258	95.760		3,037
1936	1.015.000	266	98.459		3,122
1937	942.700	249	85.723		2,718
1938	759.100	307	84.962		2,694
1939	1.037.900	219	94.514		2,397
1940	1.075.000	261	102.566		3,252
1941	1.096.000	255	101.862		3,230
1942	1.115.800	258	105.252		3,338
1943	1.123.400	263	103.630		3,286
1944	1.137.000	257	110.544		3,508
1945	1.167.300	234	99.887		3,157
1946	1.190.831	252	109.431		3,470
1947	1.251.465	254	116.100		3,682
1948	1.408.564	224	115.209		3,653
1949	1.429.582	147	76.560		2,425
1950	1.493.000	208	113.541		3,600
1951	1.619.435	236	139.734		4,421
1952	1.641.954	250	149.702		4,747
1953	1.699.775	245	152.178		4,826
1954	1.767.700	261	168.421		5,341
1955	1.843.700	254	177.825		5,632
1956	1.878.080	271	185.915		5,895
1957	1.926.550	251	176.342		5,592
1958	1.975.650	265	191.316		6,066
1959	2.028.100	277	204.952		6,498
1960	2.309.950	267	224.755		7,127
1961	2.362.700	268	231.060		7,327
1962	2.442.950	284	253.074		8,325
1963	2.528.050	286	264.614		8,397
1964	2.636.583	305	293.911		9,320
1965	2.871.510	273	286.041		9,070
1966	2.959.975	313	336.471		10,733
1967	3.050.291	347	365.997		12,240
1968	3.138.189	347	397.525		12,605
1969	3.218.225	343	402.259		12,756
1970	3.469.211	310	393.070		12,464
1971	3.573.032	307	392.788		12,455
1972	3.593.444	306	414.697		13,114
1973	3.612.385	320	445.511		14,127
1974					
1975	3.745.798	329	473.355		15,019
1976	4.083.301	337	502.940		15,948
1977	4.226.638	346	534.374		16,945
1978	4.374.272	356	567.772		18,004
1979	4.527.893	365	603.258		19,129
1980	4.686.362	375	640.961		20,324
1981	4.852.392	385	682.022		21,595
1982	5.020.157	395	723.386		22,945
1983	5.195.861	405	768.810		24,379
1984	5.377.510	416	816.860		25,902
1985	5.565.939	427	863.914		27,521
1986	5.760.747	439	922.159		29,241
1987	5.952.371	450	979.794		31,075
1988	6.171.056	462	1.041.031		33,011
1989	6.387.042	474	1.106.095		35,074
1990	6.610.589	487	1.175.225		37,266
1991	6.841.360	500	1.248.578		39,595
1992	7.081.426	513	1.326.720		42,079
1993	7.329.275	527	1.409.640		44,699
1994	7.585.402	541	1.497.742		47,433
1995	7.851.314	555	1.591.351		50,461
1996	8.126.102	570	1.690.811		53,615
1997	8.410.512	585	1.796.482		56,966
1998	8.704.880	601	1.908.767		60,527
1999	9.009.553	617	2.028.065		64,310
2000	9.224.839	633	2.154.319		68,229
2001	9.551.257	650	2.289.485		72,500

Fuente: Viguera González, J.A. Algunos conceptos a tener en cuenta en los proyectos de instalaciones. En Explotación y Abastecimiento de aguas. Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1974. Págs. 577 y ss.



lo que su error es perfectamente disculpable.

No obstante, creo que no se puede plantear el futuro como un crecimiento exponencial, y particularmente, el crecimiento de variables humanas, pienso, aleccionado por el Dr. Ingeniero Moreno Torres que en unas conferencias sobre "Ciudades Nuevas" celebrado en la Escuela de Ingenieros de Caminos tuvo la gentileza de orientarme, que estas variables humanas tienen curvas de crecimiento de tipo logístico. Por este motivo en los puntos sucesivos he desarrollado un sencillo método, muy personal, del que pido disculpas porque no soy matemático, cuyos resultados son muy orientativos y muy de sentido común con las perspectivas económicas actuales, y que no creo que otros profesionales de distintas especialidades esten en desacuerdo en general con ellos.

#### 5.8.1. Previsiones de Población.

En el cálculo de la población he utilizado la curva logística como he dicho, de las siguientes características:

$$y' = h + \frac{K}{1 + a \cdot e^{bx}}$$

siendo  $y'$  = el consumo teórico.

$h$  = asíntota de base, que he tomado 200.000 habitantes, es decir la población de Madrid antes de la creación del Canal de Isabel II.

$K$  = asíntota de valor máximo, que he tomado con valor de 9 millones de habitantes, cifra máxima que dan para el año 2.000 diversos autores.

$a$  y  $b$  = son parámetros.

$e$  = número base de los logaritmos neperianos.

$x$  = años de 5 en 5.



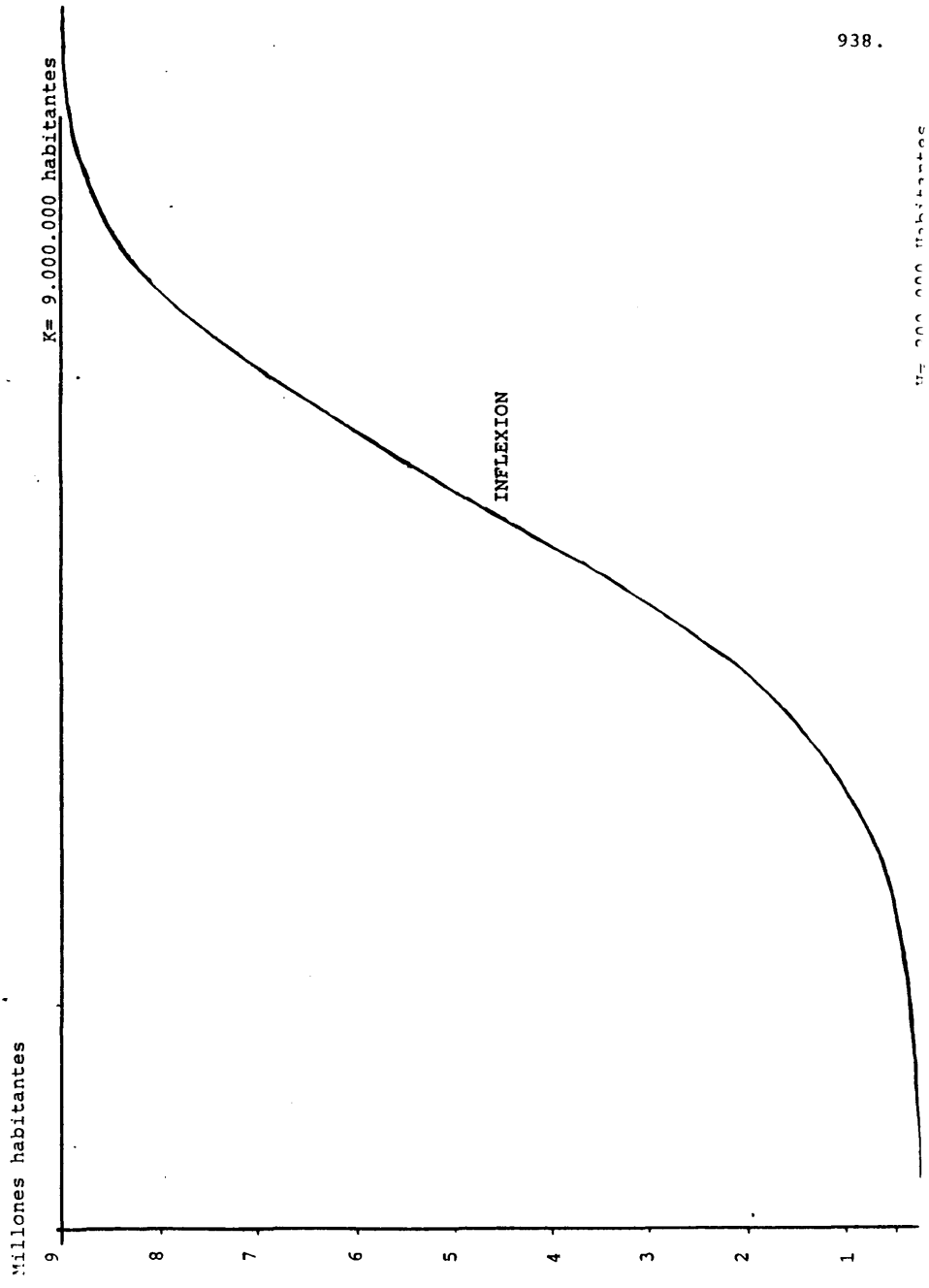
Los datos de población son los del cuadro 1 del punto 2.8, salvo los que tienen asterisco que se refieren a la población abastecida por el Canal de Isabel II, no a la del término municipal de Madrid. Los valores están redondeados.

De esta forma la ecuación resultante es:

$$y' = 200.000 + \frac{9.000.000}{1 + 4,07 \cdot 10^{34} \cdot e^{-0,04 x}}$$

El sistema utilizado da un coeficiente de determinación de valor  $r^2 = 0,94$ , que indica la bondad del ajuste. Ya que por un lado tengo valores reales y por otro teóricos, los primeros los he ajustado mediante exponencial que modifiqué antes y después para convertirla en logística. El resultado de sentido común al que me refería antes, es similar al que dan las rectas anteriores y la fórmula exponencial de Capen con  $K = 130$ .

Es decir, en el año 2.000 la población abastecida podrá ser de casi 5,8 millones de habitantes similar a 5,9 a 6,5 millones que daba la fórmula de Capen con  $K = 130$  de las ciudades europeas. (cuadro y gráfico adjunto).



Datos del Cuadro 1. punto 1.8.

<u>x</u>	<u>y</u>	<u>z</u>	<u>z'</u>	<u>y'</u>
1.850	221.707	427,57	249,88	235.873,72
1.855	257.895	156,89	204,99	243.691,44
1.860	298.426	90,84	167,35	253.460,05
1.870	331.665	67,7	112,07	279.596,71
1.875	360.673	56,25	91,72	297.066,44
1.880	449.867	35,14	75,06	318.327,64
1.887	470.283	32,33	56,69	356.006,24
1.890	485.000	30,58	50,27	375.541,25
1.900	528.984	26,44	33,66	459.665,32
1.905	547.399	24,94	27,55	515.236
1.910	584.117	22,44	22,54	582.327
1.915	615.075	20,69	18,45	662.724
1.920	678.737	17,83	15,10	759.652
1.925	773.318	14,71	12,36	873.652
1.930	893.223	12,00	10,11	1.010.081
1.935	1.020.685	10,00	8,27	1.170.873
1.940	1.088.847	9,14	6,77	1.358.301
1.945	1.237.621	7,68	5,54	1.576.146
1.950	1.618.435	5,35	4,53	1.827.486
1.955	1.843.705	4,48	3,71	2.110.828
1.960*	2.309.000	3,27	3,04	2.427.722
1.965*	2.879.000	2,36	2,49	2.778.796
1.970*	3.441.500	1,78	2,03	3.170.297
1.975*	3.849.000	1,47	1,66	3.583.458
1.977	3.970.000	1,39	1,54	3.743.307
1.980	---	-	1,36	4.013.559
1.985	---	-	1,11	4.465.402
1.990	---	-	0,91	4.912.041
1.995	---	-	0,75	5.342.857
2.000	---	-	0,61	5.790.062
2.005	---	-	0,5	6.000.000
2.010	---	-	0,41	6.582.978
2.015	---	-	0,33	6.966.917
2.020	---	-	0,27	7.286.614
2.025	---	-	0,22	7.577.049

$$r^2 = 0,94$$

$$y' = 200.000 + \frac{9.000.000}{1 + 4,07 \cdot 10^{34} \cdot e^{-0,04 x}}$$

\* Los datos con asterisco se refieren a la Población abastecida por el Canal de Isabel II, no a la población del Término Municipal de Madrid los valores están redondeados.

### 5.8.2. El consumo Global.

Para calcular el consumo Global futuro del Area Abastecida por el Canal, he recogido los datos del cuadro 6 del punto 2.8., y los he ajustado a una curva logística de elaboración personal.

$$y' = h + \frac{K}{1 + a \cdot e^{bx}}$$

siendo  $y'$  = el consumo teórico ajustado de los datos y reales en  $\text{Hm}^3$ .

$x$  = los años en que se toman datos, antes de 1.900, los que hay y después de 1.900 de 5 en 5 años salvo en 1.945 y 1.950 por las sequías, por lo que tomo 1.946 y 1.951.

$K$  = valor asintótico máximo definido previamente y arbitrariamente por mí y es el valor  $2.000 \text{ Hm}^3$  que dan algunos autores como el del año 2.000.

$h$  = valor mínimo histórico del Antiguo Régimen  $0,2 \text{ Hm}^3$ , es decir, el que había antes de la creación del Canal.

$a$  = parámetro calculado.

$b$  = ídem.

$e$  = base numérica de los logaritmos neperianos.

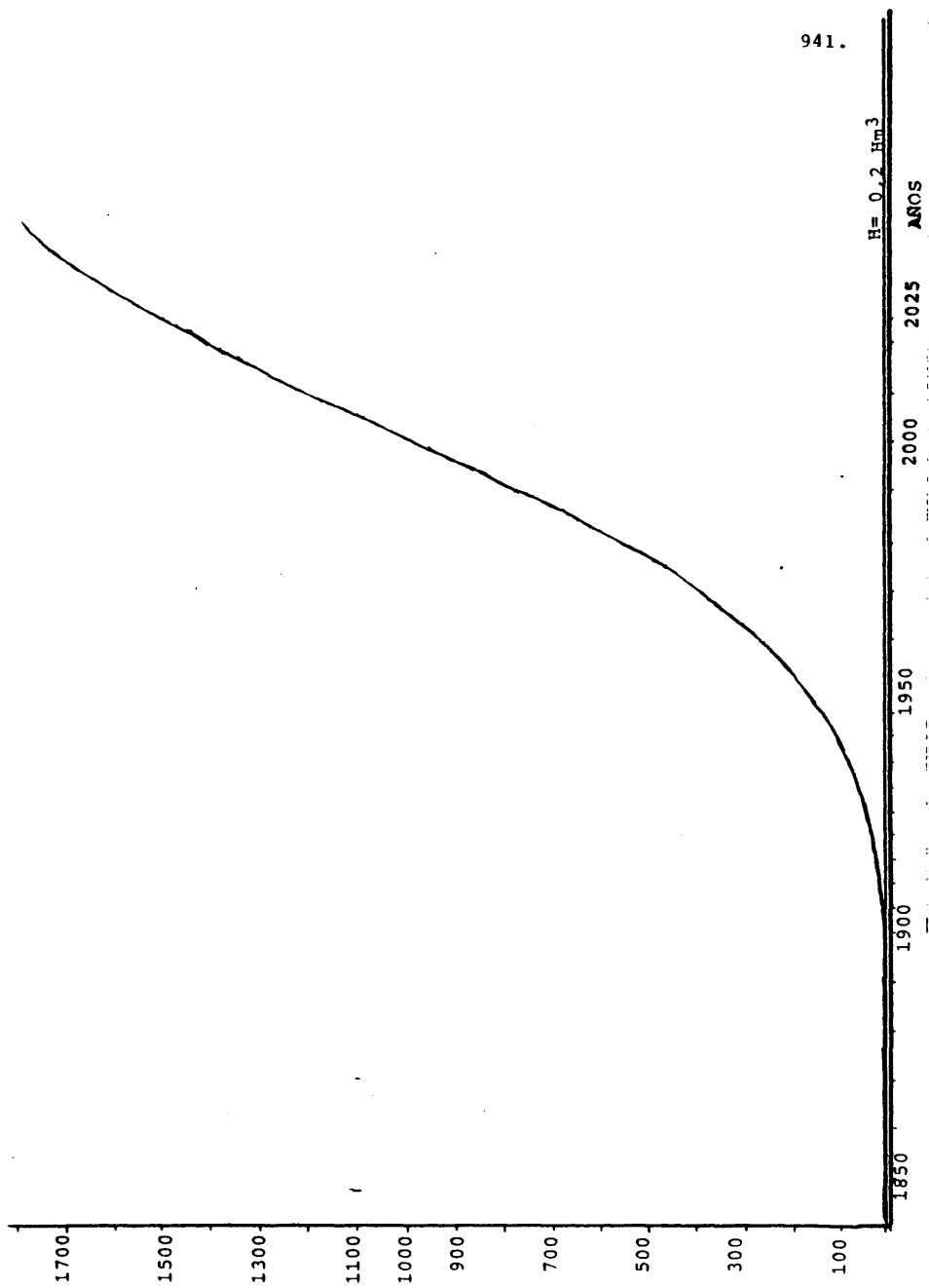
Con estos valores y utilizando una curva exponencial en la que

$$z = \frac{K}{y - h} - 1, \text{ hallando } z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$$

de donde  $z' = 0 \cdot e^{bx}$  para con posterioridad reconvertirla en

$$y' = \frac{K}{z' + 1} + h$$

De esta forma, me vuelven a salir para el año 2.000,



Cuadro de Consumos reales 1858-1975 y teóricos 1858-2025.

según  $y' = 0,2 + \frac{2.000}{1 + 5,49 \cdot 10^{39} \cdot e^{-0,0457 x}}$  ;  $r^2 = 0,90$

<u>Años x</u>	<u>valores reales y</u> Hm <sup>3</sup>	<u>valores teóricos y'</u> Hm <sup>3</sup>
1.858	0,46	2,9
1.860	2,70	3,0
1.862	3,62	3,5
1.866	4,24	4,3
1.870	6,36	5,0
1.871	6,88	5,5
1.877	16,55	7,0
1.887	18,90	11,0
1.890	21,40	12,5
1.898	22,6	18,0
1.900	25,5	19,8
1.901	27,0	20,7
1.905	29,4	24,8
1.910	37,1	31,0
1.915	47,9	38,8
1.920	49,2	48,28
1.921	54,8	50,7
1.922	65,2	52,8
1.925	68,3	60,5
1.930	80,0	72,7
1.935	98,4	98,3
1.940	102,5	116,4
1.946	115,6	150,4
1.951	119,2	185,4
1.955	151,7	218,5
1.960	216,3	267,2
1.965	277,2	324,8
1.970	373,5	392,0
1.975	433,8	468,0
1.980	-	555,0
1.985	-	662,0
1.990	-	755,0
1.995	-	866,0
2.000	-	980,0
2.005	-	1.092,0
2.010	-	1.205,0
2.015	-	1.316,0
2.020	-	1.408,0
2.025	-	1.504,0

los valores de Coeficiente K de Capen para 130 y población 6,5 millones de habitantes, es decir 980 Hm<sup>3</sup>. que significan duplicar el consumo actual en los próximos 25 años.

#### 5.8.3. La dotación en el futuro.

En el epígrafe 4.2.3. he iniciado algunos datos respecto a las dotaciones futuras a nivel urbano según diversos organismos, en este punto pienso referirme exclusivamente a Madrid. ¿Cuál será la dotación del año 2.000?, por el momento sólo podemos hacer prospecciones con los datos que tenemos; algunos de ellos son bastante interesantes:

Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento (1)	C. Estudios Hidrográficos (2)	Mº Planificación (3)
Año 2.000		
800 l/hab. y día	656 l/hab.día	480 l/hab. y día
<u>García Agustín (4)</u>	<u>Viguera (5)</u>	<u>COPLACO (6)</u>
707 l/hab. y día	581-650	720

Estas dotaciones posiblemente no se van a alcanzar salvo las del Ministerio de Planificación -EDES que parecen tener en cuenta un crecimiento menor. Por mi parte he realizado unos valores prospectivos basados en el ajuste logístico de las siguientes características.

$$y' = h + \frac{K}{1 + a \cdot e^{bx}}$$

Donde: y' = es la dotación en litros /hab. y día.

h = es la dotación mínima en una ciudad del antiguo régimen, es decir previa a la Revolución

Francesa.

K = es la dotación máxima actual media de las ciudades de los EE. U.U.

a y b son parámetros de ajuste exponencial ya que

$$z' = \frac{K}{y' - h} - 1 = a \cdot e^{bt}$$

t son los años hasta el 2.050.

Es decir, que utilizando unos valores asíntóticos, mínimo de 10 l/hab. y día y máximo de 600 l/hab. y día, y un ajuste exponencial, he llegado a un ajuste logístico de valor

$$y = 10 = \frac{600}{1 + 6,232535262 \cdot 10^{22} \cdot e^{-0,03}}$$

El resultado es que para el año 2.000 la dotación será de 451 l/hab. y día, para Madrid y posiblemente algo menor para el área abastecida por el Canal por aumento de superficie abastecida. Cuadro y Gráfico (1).

Ajustando los residuales a la polinomial

$$y = -35,15 + 2,41 x + 1,65 x^2 - 0,14 x^3 + 0,0028 x^4$$

donde y es la dotación y x los años, y sumando los valores residuales calculados mediante este sistema a los datos de dotación calculados por medio de la polinomial, las dotaciones para fin de siglo aumentan considerablement y se sitúan entre los 450 y los 480 l/hab. y día como se puede apreciar en el cuadro (1).

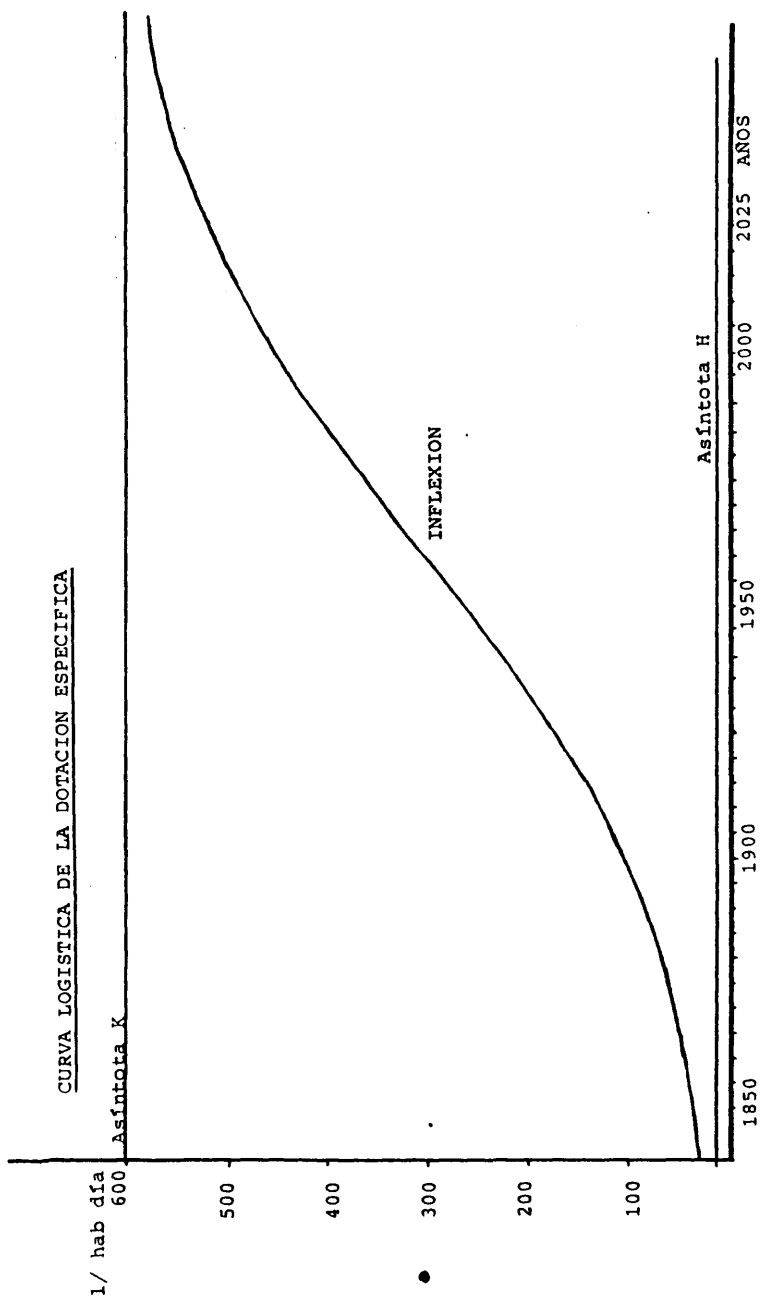
Se puede ver en el mismo cuadro y en la figura (2) los valores de los residuales obtenidos y los calculados con la polonomial y donde podemos apreciar que a pesar de seguir una tendencia similar hay diferencias bastante im-



Cuadro 1. Dotación observada y Dotación calculada mediante curva

Logística.

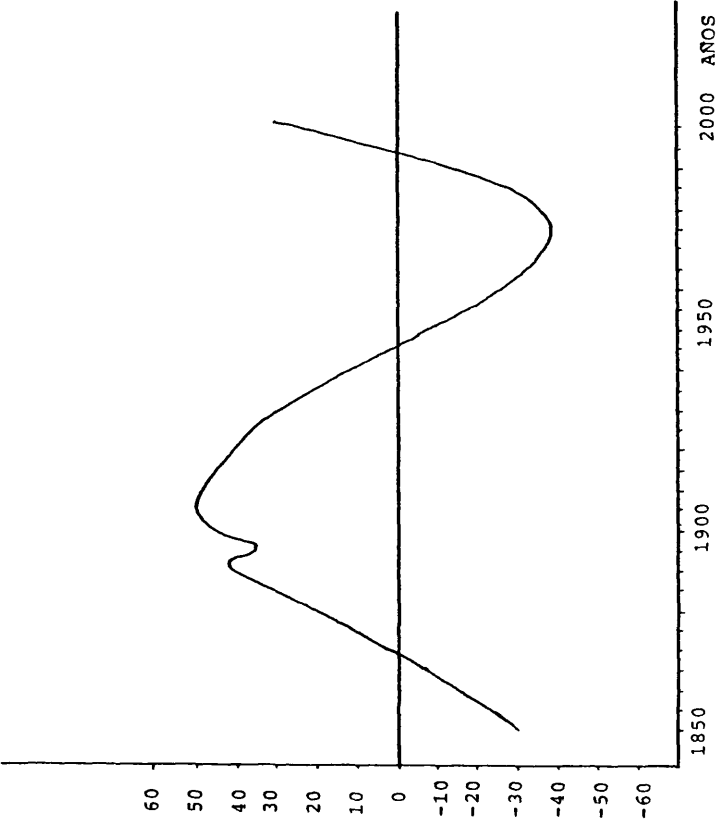
Año	Dotación observada 1/hab. y día	Dotación calculada 1/hab. y día	Residuales
1.850	10	38	-28
1.855	17	42	-25
1.860	29	46	-17
1.865	42	51	- 9
1.870	59	57	2
1.875	74	63	11
1.880	-	70	-22?
1.885	109	77	32
1.890	121	86	35
1.895	117	95	22
1.900	131	105	26
1.905	140	117	23
1.910	171	129	42
1.915	205	142	63
1.920	222	157	65
1.925	234	172	62
1.930	270	188	82
1.935	266	206	60
1.940	257	224	33
1.945	252	242	10
1.950	203	262	-59
1.955	225	281	-56
1.960	257	301	-44
1.965	264	322	-58
1.970	297	341	-44
1.975	309	360	-51
1.980	-	380	-
1.985	-	399	-
1.990	-	418	-
1.995	-	435	-
2.000	-	451	-
2.005	-	464	-
2.010	-	478	-
2.015	-	493	-
2.020	-	505	-
2.025	-	514	-



Cuadro 2. Ajuste Polinomial de los Residuales y dotación posible

1/hab. y día

<u>Año</u>	<u>Residuales observados</u>	<u>Residuales calculados</u>	<u>Dotación Posible</u>
1.850	-28	-31,23	
1.855	-25	-24,81	
1.860	-17	-16,62	
1.865	- 9	- 7,34	
1.870	2	2,44	
1.875	11	12,18	
1.880	-	21,42	
1.885	32	29,74	
1.890	35	42,37	
1.895	22	36,81	
1.900	26	46,21	
1.905	23	48,18	
1.910	42	48,22	
1.915	63	46,33	
1.920	65	42,55	
1.925	62	37,03	
1.930	82	29,95	
1.935	60	21,57	
1.940	33	12,21	
1.945	10	2,28	
1.950	-59	- 7,79	
1.955	-56	-17,45	
1.960	-44	-26,12	
1.965	-58	-33,15	
1.970	-44	-37,81	
1.975	-51	-39,31	
1.980	-	-36,81	Entre 343,19 y 380
1.985	-	-29,37	" 369 y 399
1.990	-	-16,01	" 402 y 418
1.995	-	4,32	" 435 y 439
2.000	-	32,75	" 451 y 483



importantes.

Con todo el sistema de hacer proyecciones a partir de datos retrospectivos no nos parece un método válido al cien por cien, sino una mera posibilidad que puede ser utilizado como indicativo y que me lleva a la siguiente conclusión, más vale una aproximación de tipo cuantitativo, con todas las variables posibles que mil conjeturas lanzadas al aire.

Incluso dando un valor más elevado, intermedio entre las dotaciones de ciudades europeas y norteamericanas. en la actualidad, que alcance los 500 l/hab. y día en el año 2.000 la dotación se descompondría en:

Consumo domiciliario, cuarteles y beneficencia, etc. ....	175 - 200 l/hab. y día	
Consumo público .....	50 - 50	"
Consumo Industrial .....	150 - 160	"
Riegos, Fuentes Públicas, pérdidas .....	75 - 100	"
		<hr/>
		475 - 510 l/hab. y día

Es decir, que los  $m^3$ /año que falten hasta alcanzar la dotación que en la actualidad posee París, es decir 500 l/hab. y día, se tendran que conseguir reciclando, o bien empleando acuíferos subterráneos, para la industria o el riego, o bien utilizando cualquiera de los sistemas descritos hasta ahora.

5.8. Notas.

- (1) ALCAIDE INCHAUSTI, A.: "La población de España en el período 1.970-2.000". Rev. Información comercial Española. nº496. pág 12. Recogido por Vinuesa, J.: En "Implicaciones territoriales del desarrollo urbano de Madrid". B.R. S. Geográfica. Madrid, Diciembre, 1.977, pág 146.
- (2) VIGUERAS GONZALEZ, J. A.: "Algunos conceptos a tener en cuenta en los proyectos de Instalaciones". En Explotación y Abastecimiento de Aguas. Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1.974. pág 55 y 577.

#### 5.9. Conclusiones.

En esta tesis sobre el abastecimiento de agua a Madrid no existe un objetivo de estudio único, ni un hecho geográfico que necesite una sola demostración o solución. El objeto es el abastecimiento de agua a una gran ciudad y los niveles de análisis son múltiples, porque varios son también los objetivos; en primer lugar, "abastecimiento"; en segundo lugar, "agua"; y por último gran ciudad/Madrid, es la intersección de tres conjuntos con entidad suficiente para la realización de varias tesis.

Quizas ahora se pueda entender porqué se dedican algunos puntos a Madrid como gran ciudad, a su abastecimiento, no sólo de agua, si no de otros productos, y de igual manera, el porqué de algunos aspectos sobre el mismo que no tendrían sentido si se estudiase el problema "agua" únicamente. De cualquier forma, los aspectos que tratan sobre Madrid son bastante someros y sirven para enmarcar con el problema del abastecimiento de agua.

El medio natural, por ejemplo, por lo que respecta al factor agua, es relativamente adverso, pero desde el primer momento la solución se ofrece a Rafo y Ribera en el río más caudaloso de la Sierra, El Lozoya, por tanto, y aunque los primeros años no fueron de caudales constantes debido a las averías, en la actualidad suministra casi el 50 % del consumo de agua de la ciudad y su área metropolitana, con lo que la línea propuesta y el río elegido por los ingenieros constructores del Canal ha resultado la mejor opción a los casi 125 años de su construcción.

No obstante, en el futuro deberán potenciarse el eje Jarama-Sorbe y el Sistema Oeste, (Alberche-Tietar-Duero), el primero de gran importancia y el segundo como reserva latente. Los ríos Manzanares, Guadalix y Guadarrama-Aulencia mantendrán sus aportaciones entre 1 y 4 m<sup>3</sup>/seg., e igualmente será necesario buscar otros recursos subterráneos y los procedentes de aguas usadas.

El clima y el relieve, como elementos del sistema de abastecimiento son en general ligeramente favorables en el Sistema Central y más desfavorables en la ciudad; Así, las aguas subterráneas son escasas en el término municipal, no existen muchas perforaciones con aguas surgentes abundantes, sin embargo, en la provincia existen acuíferos de cierta consideración, los de las arenas de la facies Madrid, y los de las calizas cretácicas, que pueden ser opciones de futuro como he dicho.

El problema distancia Madrid-Sistema Central, ha sido siempre un valladar importante que fue resuelto con bastante eficacia por medio de canales; Alto, Bajo, de El Atazar, de Santillana, y A.M.S.O..

Otro de los factores del medio físico favorable en el Sistema Central ha sido la facilidad para la construcción de presas, dado que al ser materiales metamórficos, las condiciones de los mismos, granitos y gneises, eliminan la posibilidad de filtraciones. En general el medio ha sido tan favorable a la construcción de embalses como desfavorable al aprovechamiento hídrico en las cercanías de Madrid de las fuentes potenciales, como recursos subterráneos o ríos cercanos, pero fundamentalmente por motivos económicos.

Madrid es un fenómeno singular no sólo por su proceso histórico de crecimiento, espacial o poblacional, sino



por tantas variables que tienen relación con su propio abastecimiento de agua, el hecho mismo de su localización primitiva ha tenido una clara relación con el agua, dada la aridez veraniega de su entorno y el escaso caudal del río que la atraviesa. Con todo, el abastecimiento actual puede considerarse globalmente positivo.

De cualquier forma es importante reseñar la incidencia que la infravivienda y los servicios higiénicos en los hogares van a tener en el consumo de agua. En aquellos barrios en los que abundan las infraviviendas o la autoconstrucción el consumo y de forma paralela la dotación descienden.

La singularidad de Madrid tiene otras variables destacables como son el ser capital de la nación con lo que ello significa en el sector de los servicios públicos, el ser además segundo centro industrial de la misma, tal como ha señalado Casas Torres, o el ser centro financiero de España, como indicó Sanz García, y además es centro de comercio y de servicios privados de primer orden.

Su área de influencia es, lógicamente, toda España, y los flujos económicos y comerciales con el resto de la nación son igualmente del mismo nivel. Es centro productor y distribuidor de bienes y servicios y en estos últimos está, en definitiva, la razón de ser última de Madrid.

Con ser importantes los hechos singulares no son más que el marco espacial del sistema de abastecimiento. Por ejemplo, la relación entre el crecimiento de la capacidad de los embalses y del espacio urbano es evidente. Pero además esta relación vuelve a aparecer entre la red de distribución y el crecimiento del espacio urbanizado, e igualmente, la dotación está correlacionada de forma perfecta con el crecimiento de la población, particularmente

desde la construcción del Canal de Isabel II, y no en el Antiguo Régimen en que población y consumo tenían una relación menos clara. Estos hechos, que son evidentes, tienen una demostración real en el capítulo segundo de esta tesis.

En este capítulo, además, describo como funciona el abastecimiento, y hago una comparación entre Madrid y las ciudades y países del resto del mundo: Nuestra ciudad ocupa un lugar relativamente bajo por la dotación específica, el decimocuarto, mientras que a nivel poblacional es la cuarta ciudad europea (según trabajo reciente de la O.N.U.). Por otro lado Madrid <sup>no</sup> es una ciudad del tercer mundo por su consumo específico como se puede apreciar por la comparación con los datos suministrados por la O.N.U. para ciudades de países en vías de desarrollo donde la ciudad con mayor dotación tiene 143 l/hab. y día, mientras que nuestra ciudad duplica ese valor.

A nivel nacional, sin ser una de las ciudades con mayor dotación, es de las que encabezan la lista de las más consumidoras (consumos domiciliario y total) y de mayor población, e igualmente es de las que mayores volúmenes de agua industrial consumen.

La principal empresa suministradora en el Abastecimiento de aguas en Madrid es el Canal de Isabel II, Organismo Autónomo del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Por lo que he creído conveniente explicar su desarrollo histórico, y sus vicisitudes y logros como un apartado más de esta tesis, dejo constancia que mi aportación es más bien somera y descriptiva, y no es más que una primera aproximación a otros estudios más profundos que sobre la historia del Canal se están realizando.

Divido la historia del Canal en una época de Antecedentes del Canal y Anteproyectos:

- Primera época en la que describo los Reconocimientos de Rafo y Ribera, y la construcción de las primeras instalaciones que abarca desde 1.848 a 1.866.
- Segunda época, que podríamos denominar como de "Dependencia" porque el Canal funcionó como una oficina del Ministerio de Fomento. Aunque a mi me parece apropiado denominar de "Consolidación" porque permitió la definitiva implantación del Canal en la sociedad madrileña y en la vida ciudadana. En definitiva la rigidez de la Administración Pública significó una posición de asentamiento definitivo. Abarca desde 1.866 a 1.907.
- Tercera época, que es una de las más ricas y que denomino "Polémica", porque desde 1.907 a 1.931 la competencia de la Hidráulica Santillana vino a entorpecer el desarrollo de las instalaciones. Aunque en 1.907 se volvió al sistema de empresa mixta con Consejo de Administración, que fue beneficioso a largo plazo al permitir la construcción de algunos canales y de la Presa de Puentes Viejas.
- Cuarta época o de "Vicisitudes", abarca desde 1.931 a 1.950. El período más difícil del Canal como institución pública y de sus directores. La crisis económica, la Guerra Civil y la Posguerra significaron la paralización casi total durante años de la actividad. Las deficiencias trascendieron hasta la década de los 60.
- La Quinta época abarca desde 1.950 a 1.980, 30 años y es la más brillante sin duda, por la ingente cantidad de obras realizadas que prácticamente aseguran el abastecimiento de Madrid hasta dentro de unos años.

La crisis demográfica actual, por otro lado, permite ver el futuro con cierta tranquilidad. Aunque para mi el futuro no estará en la cantidad de agua abastecida, sino

en la calidad de la misma o en ambos hechos, en lo que sería un doble reto o un más difícil todavía.

El capítulo fundamental de la Tesis es el cuarto, en el que se estudia el abastecimiento actual de Madrid. En él describo las aproximaciones que he realizado para averiguar los distintos tipos de consumo a nivel de barrio municipal.

La primera de las aportaciones es el consumo pormenorizado en Madrid en metros cúbicos y en porcentajes, así como la dotación, comparando con otras zonas geográficas: Hago un análisis pormenorizado del consumo en el área abastecida por el Canal de Isabel II.

Parece que los municipios del área abastecida tienen mayor dotación total que Madrid, pero este hecho no es fiable, porque el sector público y los usos sociales y públicos alcanzan mayor valor en los municipios que en Madrid, mientras que la ciudad posee una dotación mayor en el Consumo Domiciliario y en el Industrial, que son los fundamentales.

Para poder expresar mejor el consumo en los pueblos he realizado una serie de mapas y comentarios y un índice que nos permiten una valoración bastante exacta del hecho, inclusive del consumo industrial. También he establecido la jerarquía del consumo y la dotación para con posterioridad hallar el consumo hipotético que necesitan los municipios en función de su población actual.

He comparado también los valores de consumo de Madrid con los de las provincias limítrofes y el resultado es que la ciudad y el área metropolitana, así como las zonas a las que llega la influencia directa de la ciudad tienen valores mayores en consumo y en dotación.

Igualmente utilizando los datos a nivel municipal de puntos anteriores he calculado el consumo y la dotación posible de los municipios que serán abastecidos próximamente por el Canal de Isabel II, el resultado es que los pueblos pequeños tendrán dotaciones entre 150 y 200 l/hab. y día y los grandes municipios como Mostoles, Parla, Pinto y Fuenlabrada tendrán dotaciones similares a Madrid.

Con datos de la Cámara de Comercio he llegado a 1.979 en el que el consumo ha variado poco con relación a 1.976 y 1.977, años en que cerré la recogida de información estadística.

Se estudian y describen otros sistemas de abastecimiento provinciales, aunque la falta de datos sea un obstáculo difícil de salvar.

Por último en los puntos dedicados a los municipios recojo información de COPLACO que transcribo sobre los datos infraestructurales de la provincia de Madrid, en la que la característica más general es la falta de Depuración de aguas residuales, el saneamiento insuficiente y algunos municipios sin abastecimiento de agua corriente.

A continuación comienzo el estudio del abastecimiento en Madrid con la estacionalidad del consumo, la conclusión fundamental es que se consumen mayores volúmenes de agua en los meses cálidos y secos y menores cantidades en meses fríos y húmedos. El mes de más consumo es julio y el de menor consumo febrero.

Durante el día las horas de mayor consumo de agua en Madrid son de 12 a 15, mientras que las de menor consumo son de las 3 a las 6 de la madrugada, con un mínimo constante para usos industriales.

Analizo posteriormente el consumo y la dotación total en los barrios de Madrid.

Los barrios de consumo medio alto se encuentran en el centro urbano, y dispersos aparecen los barrios industriales y los que tienen mucha población, con un consumo superior a la media. Con consumo total inferior a la media aparecen los barrios de la corona periférica.

En cuanto a la dotación hay que distinguir barrios con dotaciones elevadas, son los barrios del distrito 9 (Moncloa), algunos del distrito 8, los de mayor estatus económico, como Fuentelarreina y Mirasierra, así como El Viso, Recoletos y Piovera y Palomas en el Este. También aparecen con buena dotación total los barrios muy industriales y el barrio comercial de Sol.

Los barrios con dotaciones medias suelen ser los barrios centrales donde existe equilibrio entre consumo y población, por último los de bajas dotaciones totales son los del Sur y Este de Madrid, así como algunos barrios de los distritos 16, 17 y 18.

Cuando hablo de variables que pueden tener importancia introduzco puntos a continuación que permiten la comparación. Así después de tratar de la dotación total en Madrid, recojo información sobre evolución de los hábitos de consumo y de la dotación que permiten la comparación de otras áreas o de otras épocas en Madrid para que se puedan apreciar los valores actuales. En la actualidad la dotación es de 300 l/hab.y día con unos 151.109 abonados, según la Memoria de 1.979.

En otros apartados he calculado el consumo y la dotación domiciliaria y pública en los barrios de Madrid.

He dividido el consumo, fundamentalmente domiciliario,

en zonas muy consumidoras en las que incluyo los barrios de alta categoría social junto a los muy poblados. Zonas menos consumidoras en el que aparecen barrios comerciales y de servicios, las zonas de clase media y baja en las zonas industriales y las zonas residenciales de clase alta con poca población. Por último las zonas de consumo domiciliario medio son difíciles de clasificar dada su gran heterogeneidad.

Sin duda el punto más valioso de mi aportación es el que se refiere a la dotación domiciliaria y pública en los barrios de Madrid, recomendando una lectura detenida, aunque como conclusión digo que existe un paralelismo claro entre el nivel social de la zona y la dotación domiciliaria y que esta variable puede servir de ayuda a la hora de establecer cualquier delimitación de tipo social.

Tengase presente que lo que yo he realizado no lo hacen los P.A.I. de COPLACO, que estudian de forma bastante pormenorizada los datos de infraestructura de Madrid.

Quizas en la distribución espacial del agua consumida esté el mayor sentido de esta Tesis, a pesar de ello he tratado de profundizar más y conseguir el consumo industrial por sectores y por barrios.

Las primeras aproximaciones, punto 4.2.5., son bastante flojas ya que se basan en el cálculo del consumo por el número de obreros en sectores industriales, aplicando un módulo de consumo en cada uno de ellos, los resultados son muy dispares.

El punto 4.2.6. es el resultado de uno de los programas realizados, pero el consumo viene expresado de forma global, no obstante, quedan bastantes claros como son los

960.

barrios industriales y su consumo total aproximado, (En el año 1.977 creo que está en torno a los 80 Hm<sup>3</sup> en Madrid capital). Los barrios industriales son los del eje Centro-Sur, distrito 2, 12 y 13; los barrios del eje Este, distritos 17 - 18 y parte del 16 además de Vicalvaro 152, y en menor medida los del eje Norte, distrito de Fuencarral. Los valores de la dotación industrial no tienen ningún sentido por lo que huelga todo comentario. Pero es bastante claro el mapa de porcentajes de consumo de agua industrial sobre el total que por sí sólo explica la realidad de la industria madrileña claramente, en él vuelven a aparecer los ejes Centro- Sur, Este y Norte con los barrios correspondientes, que consumen más del 50 % del total de agua abastecida para usos industriales.

Para confirmar mis apreciaciones realice un índice sencillo aplicable a Madrid y el resultado fue el mismo que en las aproximaciones anteriores, y además lo aplique a los pueblos del área abastecida por el Canal resultando como municipios industriales: Coslada, Getafe, Leganés, San Fernando de Henares, etc., que hacen innecesario todo comentario.

Para saber el consumo de agua por sectores industriales y por barrios hube de realizar un nuevo programa del que, con mayor error, por ser un muestreo obtuvo los resultados siguientes:

1º) Consumo por barrios de Madrid de los tres epígrafes en que he dividido el consumo industrial: 1, consumo de comercio, oficinas y servicios. 2, consumo industrial propiamente dicho y 3, consumo del sector construcción.

Los barrios comerciales son los del distrito 1, Centro, distrito 4 y distrito 7, aunque existe un comercio importante en los barrios de todos los distritos centrales. La industria propiamente dicha se encuentra localizada en el Sur,



Sureste, Este y Norte, en el cinturón de barrios periféricos, mientras que la construcción esta repartida por todos los barrios y distritos sin una localización especial.

2º) Por último, he realizado el análisis de la distribución del consumo de agua industrial propiamente dicha, dividida en 9 sectores industriales en los barrios de Madrid. El sector que tiene una localización más clara es el de Metálicas, que aparece dominante en el Sur de Madrid y compartiendo el espacio con otros en el eje industrial del Este.

La industria madrileña en general es poco consumidora de agua, al no existir empresas de base, o viceversa, no existen empresas de base porque no existen infraestructuras suficientes y una de ellas es la posibilidad de caudales abundantes de agua.

El sector bebidas es uno de los más representativos de Madrid, junto con el químico.

Dentro de este capítulo he incluido un estudio sobre la sanidad del agua, punto de las reflexiones con que comence este trabajo.

Las aguas de Madrid vienen, salvo accidente, en buenas condiciones, están depuradas por diversos procesos químicos, físicos y biológicos, reciben tratamientos especiales y los embalses son vigilados con cierta periodicidad.

El control sanitario es ejercido desde varios organismos y es muy difícil que pueda ocurrir un accidente, cumple además las normas nacionales e internacionales con amplio margen y en la actualidad sólo se plantean dos problemas, el de eutrofización de los embalses y el de las aguas usadas en Madrid, ambos en vías de solución.

No obstante, incluyo datos estadísticos sobre morbilidad y mortalidad en Madrid y está claro que el agua que bebemos no es productor de ninguna enfermedad hídrica convencional. Es más, para mí ha sido uno de los factores que han contribuido a hacer desaparecer ciertas pandemias.

Finalizo con las previsiones de una ciudad, con su área metropolitana, que tendrá en el año 2.000 seis millones de habitantes, un consumo de  $1.000 \text{ Hm}^3/\text{año}$  y una dotación de 450 a 500 l/hab. y día, fruto del aumento de la calidad de la vida y del uso de ciertos electrodomésticos.

Estos datos tendrán que verse reflejados con un incremento de las construcciones de embalses y conducciones para casi duplicar la capacidad de las infraestructuras actuales.

El futuro para el Canal de Isabel II es esperanzador pero es necesario, según mi opinión, planteamientos más dinámicos, o más ejecutivos, en el problema de la depuración de aguas residuales para aprovecharlas aguas abajo y en la mejora y construcción de nuevas infraestructuras.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

BIBLIOGRAFIA GENERAL

- AGUILERA ARILLA, M. J.: " Alcorcón ". Estudio Geográfico de un Municipio del Area Metropolitana. Tesis Doctoral. Inédita, comunicación verbal. En elaboración.
- AGUINAGA, R.: " El Canal de Isabel II ". Nuestro Tiempo. Ciencias y Artes, Política y Hacienda. nº 314. Madrid, 1.925.
- AGUINAGA, R.: " Memoria 1914 ". Canal de Isabel II. Madrid, 1915.
- AGULLO COBO, L.: " Madrid en sus diarios." Instituto de Estudios Madrileños. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1969. 5 vols.
- AGULLO COBO, M.: " Madrid en sus diarios ". Tomo II. 1845-1859. Instituto de Estudios Madrileños. Madrid, 1965. Voz Ayuntamiento.
- ALCAIDE INCHAUSTI, A.: " La población de España en el período 1970-2000 ". Rev. Información Comercial Española. nº 496. p. 12. Recogido por Vinuesa, J.: En " Implicaciones territoriales del desarrollo urbano de Madrid ". B.R.S. Geográfica. Madrid, Diciembre, 1977.
- ALBA ABAD, J.: " Historia sintética de Madrid". Estates. Madrid, 1949.
- ALONSO ALVARO, D.: " la problemática española de abastecimiento de agua y saneamiento en el marco de la ordenación territorial ". Coloquio Nacional sobre Ordenación del Territorio. M.O.P.U. Madrid, 1978.
- ALONSO FERNANDEZ, J.: " Guadalajara, Serranías, Páramos y Campiñas ". I.G.A. C.S.I.C. Madrid, 1976. 3 vols.
- ALONSO FERNANDEZ, J.: " Guadalajara. El Territorio y Los Hombres" I.G.A. C.S.I.C. Madrid, 1976.
- ALONSO PASCUAL, J. J. y CATALAN LAFUENTE, J. G. : " Estudio de microscopía electrónica y químico de las aguas de los ríos Jarama y sus afluentes; Guadalix, Lozoya y Manzanares ". Documentos de Investigación Hidrogeológica. Instituto de Geología económica. C.S.I.C. Madrid, 1966.
- ALONSO RODRIGUEZ, J. A.: " El I.N.I. y el desarrollo regional ". Rev. El Cábaro, nº 11 y 12. Madrid, 1978.

ALVAREZ, D.: " Presas de materiales sueltos ". E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1973.

AMBROGGI, R. P.: " Agua ". En Desarrollo Económico. Rev. de Investigación y Ciencia. Scientific. American. Barcelona, Nov. 1980.

APARICIO FERRATER, J.: " Indices básicos de calidad ". Medio Ambiente. nº 11. M.O.P.U. Madrid, 1975.

ARCHIVO HISTORICO NACIONAL: " Consejo de Castilla, Sala de Alcaldes de Casa y Corte. Año 1684, folio 156.

Año 1607, folio 190.

"	1736,	"	512-515.
"	1778,	"	471.
"	1788,	"	842-875. Tomo I.
"	1593,	"	484.
"	1594,	"	17.
"	1600,	"	455.
"	1601,	"	11.
"	1605,	"	406.
"	1620,	"	344.
"	1623,	"	445.
"	1648,	"	49-50.
"	1676,	"	2- 3.
"	1610,	"	587.
"	1668,	"	180.
"	1615,	"	357.
"	1730,	"	191-292.

ARCHIVO DE OBRAS PUBLICAS. M.O.P.U. Madrid.

Legajo	636.	Año	1876.
"	7.324.	"	1878.
"	637.	"	1892.
"	366.	"	1895.
"	515.	"	1911.
"	647.	"	1918.

AYUNTAMIENTO DE MADRID.: " Información sobre la ciudad ". Memoria de 1929. Madrid, 1929.

AYUNTAMIENTO DE MADRID.: " Resúmenes Estadísticos ". Sección de Estadística. Madrid. Desde 1940 a 1975.

- AYUNTAMIENTO DE MADRID.: " Resumen Estadístico 1975 ". Sección Estadística. Madrid, 1975.
- AYUNTAMIENTO DE MADRID.: " Resumen Estadístico 1978 ". Sección Estadística. Madrid, 1980.
- BAJON PEREZ, F.: " El agua de la provincia de Madrid ". Comercio e industria. Madrid, noviembre 1980.
- BALLESTER ROS, J.: " El crecimiento demográfico natural de Madrid ". I.E.A.L. Madrid, 1964.
- Banco de Bilbao : Renta nacional de España. 1977. Artes Gráficas Grijelmo. Bilbao. 1978. 284 pág.
- BELLO, S.: " Memoria sobre el estado de los diferentes servicios en el 31 de diciembre de 1925 " Canal de Isabel II. Madrid. 1926. 175 pág.
- BELLO POEYUSAN, S.: " Exposición de la ciudad y de la Vivien- da moderna ". Información del Canal de Isabel II. Madrid, 1927.
- BELLO POEYUSAN, S.: " Información del Canal de Isabel II ". Exposición Iberoamericana de Sevilla. Madrid. 1929-30. 201 pág.
- BETHEMONT, J.: " De l'eau et des hommes. Essai géographique sur l'utilisation des eaux continentales ". Bordas. París, 1977.
- BIGADOR LASARTE, P.: " El desarrollo urbanístico de Madrid, 1964. I.E.A.L. Madrid, 1964.
- BLANCO GARCIA, M. P.: " El centro comercial de Madrid. Estudio geográfico ". Tesis Doctoral. Inédita. Comunicación verbal.
- BRAVO MURILLO, J.: " Memoria sobre la conducción de agua a Ma- drid ". Dirección General de Obras Públicas. Imprenta Nacio- nal. Madrid, 1848.
- BULLON RAMIREZ, A.: " Evolución y estado de la población de Ma- drid ". Inst. de Estudios de la Administración Local. Madrid, 1964.
- CABEZAS, J. A.: " Madrid ". Edit. Destino. Barcelona, 1954. 560 págs.
- CABEZAS, J. A.: " Bravo Murillo ". Canal de Isabel II. Madrid, 1974. 153 págs.
- CABO ALONSO, A.: " El consumo de agua en España ". Estudios Geo- gráficos nº 76. Madrid, agosto 1959.

- CAMARA DE COMERCIO E INDUSTRIA DE MADRID: " La economía de Madrid en 1979 ". Madrid, 1980. 594 págs.
- CANAL DE ISABEL II: " Información técnica ". M.O.P.U. Madrid, 1980.
- CANAL DE ISABEL II: Memoria 1939-45. M.O.P. Madrid, 1946.  
 Memoria 1946-50. M.O.P. Madrid, 1958.  
 Memoria 1951-69. M.O.P. Madrid, 1971.  
 391 págs.  
 Memoria 1970-74. M.O.P. Madrid, 1975.  
 371 págs.  
 Memoria 1975. M.O.P. Madrid, 1976. 113 págs.  
 Memoria 1976. M.O.P. Madrid, 1977. 79 págs.  
 Memoria 1977. M.O.P. Madrid, 1978. 91 págs.  
 Memoria 1978. M.O.P. Madrid, 1979, 79 págs.  
 Memoria 1979. M.O.P. Madrid, 1980, 83 págs.
- CANTO FRESNO, C.: " La segunda residencia en el valle del Tietar ". Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, 1980. Inédita. 518 págs.
- CARO BAROJA, J.: " Madrid ". Revista Información Comercial Española. nº 402. Madrid, 1.967.
- CARPIO MARTIN, J.: " El plan de descongestión de Madrid ". Boletín de la Real Sociedad Geográfica. CXII. Madrid, 1976.
- CASTRO LES, V.: " Noticiero Guía de Madrid ". Imprenta Noticiero Guía de Madrid. Madrid, 1923.
- CASAS TORRES, J.M.: " El Canal de Isabel II y el desarrollo de Madrid ". Conferencia dictada en el auditorio del Canal de Isabel II. Madrid, 17 de mayo de 1979.
- CASAS TORRES, J. M.: " Imperial ". Espasa Calpe. Madrid, 1979.
- CASAS TORRES, J. M.: " La ciudad como problema ". Universidad de Zaragoza, 1958. 48 págs.
- CASAS TORRES, J. M. GUTIERREZ, S. y LORA TAMAYO, G.: " Mate-

- ariales para el estudio de la población y equipado de Carabanchel Alto en 1976. Geographica. Madrid, 1977-78. págs 217-356.
- CASAS TORRES, J. M.: " Primera nota sobre la distribución espacial de la población de Madrid. 1970" Geographica. Madrid 1974. págs 213-235.
- CATALAN LAFUENTE, J., CABO DURAN, J. y MORA DURAN, J.: " Estudio de la calidad química y biológica en los ríos Manzanares, Jarama y Tajo ". Inst. del Agua, C.S.I.C. Madrid, 1976.
- Centro de Estudios Hidrográficos: "Propuesta de una nueva instrucción para el estudio y redacción de proyectos de abastecimiento de agua a poblaciones. Ministerio de Obras Públicas. Madrid, 1965.
- Ciudadano (Revista) Agosto, 1979.
- Confederación Española de Cajas de Ahorros: " Situación actual y perspectivas de la región centro ". Madrid, 1967. Tomo I.
- Confederación Hidrográfica del Tajo y Canal de Isabel II: "Presa del Atazar ". M.O.P. Madrid. Marzo de 1972.
- CONTRERAS, LOPEZ DE AYALA, MARQUES DE LOZOYA: " Isabel II y su Canal ". Rev. Villa de Madrid, nº 7. 1958.
- CONTRERAS, J. M., ESTEBAN, G., MONROY y MOYA, A.: " Televisión y consumo de agua. Escaso interés por los programas políticos especiales sobre el Referendum ". Revista Mensaje y Medios. Madrid, 1979. págs 57 - 60.
- COPLACO: " Informe sobre la ordenación del territorio en el Area Metropolitana de Madrid ". M.O.P.U. Madrid, 1980.
- COPLACO: " Estructura residencial y mercado de vivienda ". En Análisis de problemas y oportunidades nº 5. M.O.P. Madrid. 1975. 63 págs.
- COPLACO: " Plan Especial de Protección del Medio Físico" M.O. P. Madrid, 1976. 129 págs y 2 planos.
- COPLACO: " Climatología Básica de la Subregión de Madrid ". M.O.P.U. Madrid, 1979.
- COPLACO: " Comunicaciones ". En Análisis de Problemas y Oportunidades. nº 4. M.O.P. Madrid, 1975 59 págs. y 21 planos.
- COPLACO: " Plan espacial de infraestructuras básicas de la provincia de Madrid. M.O.P.U. Madrid, 1977. 139 págs y 2 planos.



- COPLACO: " Servicios Comunitarios ". En Análisis de Problemas y Oportunidades. nº 4 M.O.P. Madrid, 1975. 62 págs. y 23 planos.
- COPLACO: " Medio ambiente ". Análisis de Problemas y oportunidades. nº 2. M.O.P. Madrid, 1975. 38 págs. y 8 planos.
- CORCHON RODRIGUEZ, F.: " Estudio hidrogeológico del Cretácico de los alrededores de Torrelaguna, Madrid y Guadalajara ". ( Boletín nº 40. Servicio Geológico de la Dirección de Obras Hidráulicas). M.O.P. Madrid, 1.976. 189 págs.
- CORDOBA ORDOÑEZ, J.: " Barajas ". Tesis Doctoral. Inédita. Madrid. Facultad de Geografía e Historia, 1980.
- CHECA SANCHEZ, A.: " Estructura y localización del comercio minorista de Madrid ". Boletín Real Sociedad Geográfica. Tomo CXII. Madrid, 1.976.
- CHICHARRO FERNANDEZ, E.: " El piedemonte de Somosierra ". Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Madrid, 1976. 1111 págs.
- CHORLEY, R. J. Y OTROS: " Water, earth and man ". A. Synthesis of hidrology, geomorphology and socioeconomic geography. Methuen and Co. Ltd. London, 1969. 588 págs.
- DEGREMONT: " Manual técnico del Agua ". Bilbao, 1973.
- DELEITO PIÑUELA, J.: " Sólo Madrid es Corte. La capital de dos mundos bajo Felipe IV." Espasa Calpe. Madrid, 1968. 3a Ed. 263 págs.
- Diario ABC de Madrid, 3 de mayo de 1979.
- Diario ABC de Madrid, 6-7 julio, 1980.
- Diario EL PAIS, 5 de abril de 1978.
- Diario EL PAIS, 3 de diciembre de 1979.
- Diario INFORMACIONES de Madrid. 27 de julio de 1976.
- Diario YA de Madrid, 15 de julio de 1976.
- Diario YA de Madrid, 31 de julio de 1976.
- Diario YA de Madrid, 25 de febrero de 1978.
- DIAZ CAÑABATE, A.: " Madrid y los madriles ". Prensa Española la Madrid, 1974. 230 págs.
- DIAZ MORENO, J.L.: "La caza en Toledo . Estudio Geográfico". Tesis Doctoral. Inédita. Comunicación verbal. En elaboración.
- Dirección General de Obras Hidráulicas: " Anuarios de Aforos

1974-75/1975-76. Tomo III. Cuenca del Tajo. M.O.P.U. Madrid, 1979.

Dirección General de Obras Hidráulicas: " Comentario sobre las Presas de Materiales sueltos con pantalla en España" XIº Congreso Internacional de Grandes Presas. M.O.P. Madrid, junio de 1973.

Dirección General de Obras Hidráulicas: " Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento ". M.O.P., Madrid, 1966. Cuenca del Tajo. Anejo 1.

Dirección General de Obras Hidráulicas: " Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento" M.O.P., Madrid, 1966. Cuenca del Tajo. Anejo 2. .

DOMINGUEZ ORTIZ, A.: " El abasto de pan a Madrid por los pueblos circunvecinos ". Ponencia presentada en las primeras Jornadas de Estudios de la provincia de Madrid. Diputación Provincial de Madrid. Madrid, 1978.

DUELO, c.: " Rockfill dams with upstream impervious face ". Rev. de Obras Públicas nº 3.098, año CXX. Madrid, junio de 1973.

ELIAS CASTILLO, F. y GIMENEZ ORTIZ, A.: " Evapotranspiración potencial y balances de agua en España. D.G.A. Mº Agricultura. Madrid, 1965.

ESTEBANEZ ALVAREZ, J. y BRADSHAW, R.P.: " Especialización y diversificación industrial en las provincias españolas" Ciudad e Industria. 4º Coloquio sobre Geografía. Oviedo, 1975.

ESTEBANEZ ALVAREZ, J. y BRADSHAW, R. P.: " Técnicas de cuantificación en Geografía". Editorial Tebar Flores. Madrid, 1979. 512 págs.

Exposición de la ciudad y de la vivienda moderna: Información del Canal de Isabel II. Madrid, marzo de 1927.

FERNANDEZ DE LOS RIOS, A.: " El futuro de Madrid ". Reedición facsimilar. Los libros de la frontera. Madrid, 1975. 366 p.

FERNANDEZ DE LOS RIOS, A.: " Guía de Madrid ". Oficina de la Ilustración Española y Americana. Madrid, 1876. Reedición Facsimilar. Abaco. Madrid, 1976. 813 págs.

FERNANDEZ GARCIA, A.: " El abastecimiento de Madrid en el rei-

- nado de Isabel II ". C.S.I.C. Madrid, 1971. 241 págs.
- FERRERO, J. M.: " Depuración biológica de las aguas ". Ed. Alhambra. Madrid, 1974.
- GAGO, V. y LACACI, C.: " El crecimiento de Madrid a partir de la Guerra Civil". En curso de urbanismo. Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid 1976.
- GANDULLO, J. M. y SANCHEZ- PALOMARES, O. y GONZALEZ ALONSO, S.: " Contribución al estudio ecológico de la Sierra de Guadarrama. Annales de I.N.I.A. nº 2 Agricultura. Madrid, 1976.
- GARCIA AUGUSTIN, J. y OTROS: " Técnica y Obras de Ingeniería Sanitaria ". Editores Técnicos Asociados. Madrid, 1973.
- GARCIA AUGUSTIN, J.: " El abastecimiento de agua al Area Metropolitana de Madrid ". Rev. de Obras Públicas. nº 3081. M.O.P. Madrid, Enero de 1972.
- GARCIA CORTES, M. : " Madrid y su fisonomía urbana. Sección de Cultura e Información. Artes Gráficas Municipales. Madrid, 1950. 280 págs.
- GARCIA DE ENTERRIA, E.: " Legislación administrativa básica ". BOE. Madrid, 1978. Págs 697-727.
- GARCIA DE PEDRAZA, L., ELIAS CASTILLO, F. y RUIZ BELTRAN, I.: " Estudio agroclimático y sinóptico de la provincia de Madrid ". En Avances en Bioclimatología. Centro de Edafología de Salamanca. Salamanca, Dic. 1979.
- GARCIA RUIZ, J.M.: " El abastecimiento de agua en Zaragoza ". Geographicalia, nº 1. Zaragoza, 1977. Págs. 5-30.
- GARCIA RUIZ, J. M. : " El consumo de agua en las capitales de provincia españolas ". Boletín Real Sociedad Geográfica. Tomo CXI. Madrid, 1975. Págs., 97 y ss.
- GIMENEZ HERNANDEZ Y OTROS: " Explotación de abastecimientos de aguas". Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1974.
- GOMEZ ANGULO, J. A.: " Mapa de Reconocimiento Hidrogeográfico de la España Peninsular, Baleares y Canarias ". Mapa Hidrogeológico Nacional. I.G.M.E. Madrid, 1971 la edición.
- GOMEZ ANGULO; J. A.: " Mapa de síntesis del Sistema Acuífero

- de España Peninsular, Baleares y Canarias." Mapa Hidrológico Nacional. I.G.M.E. Madrid, 1971.
- GOMEZ DE PABLOS, M.: " La protección de las aguas públicas ". Rev. de Obras Públicas. Madrid, diciembre, 1972. Págs. 912 y ss.
- GOMEZ DE LA SERNA, R.: " Elucidario de Madrid ". Sección de Cultura. Excmo. Ayuntamiento de Madrid. Madrid, 1975. 443 págs.
- GOMEZ IGLESIAS, A.: " Libros de Acuerdos del Consejo Madrileño 1464-1600 ". Artes Gráficas Municipales. Madrid, 1970. 419 págs.
- GOMEZ OREA, D.: " La calidad del medio ambiente. Desarrollo de un procedimiento para la formulación y representación de los valores paisajísticos de los espacios naturales ". Geographica. Instituto de Geografía Aplicada. Madrid, 1975-76. Págs. 53-102.
- GONZALEZ BERNALDEZ, F.: " Métodos en uso y su aplicación para el cálculo de la evapotranspiración ". C.E. Hidrográficos. M.O.P. Madrid, 1960.
- GONZALEZ DEL TANAGO, M.: " Estudio biológico de las aguas para su planificación ". Coloquio Nacional sobre Ordenación Territorial. M.O.P.U. Madrid, 1978.
- GONZALEZ YANCI, P.: " Los accesos ferroviarios a Madrid ". Instituto de Estudios Madrileños. Madrid, 1977. 520 págs.
- GUERRA ZABALLOS, A. M.: " Los sistemas regionales españoles según el modelo "Rango-Tamaño". Memoria de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Complutense. Madrid, 1979. Inédita. 91 págs.
- GUINARD, P. y MOMBEIG, P.: "Madrid". Ann. de Geographie. 1932. págs. 481-499.
- HIGUERAS ARNAL, A. y CALVO PALACIOS, J.L.: " La coordinación urbanística de los usos del agua ". Primera Conferencia General sobre Hidrología General y Aplicada. Ed. Smagua. Zaragoza, 1974.
- HUETZ DE LEMPS, M. A.: " Les grandes villes du monde ". La documentation française. Paris, 1972.
- I.N.E.: " Población de hecho y de derecho de los municipios

- españoles. Padrón, 1975. Madrid, 1977. págs 110 y ss.
- I.N.E.: " Datos, dilemas y opiniones para una política regional de la empresa pública ". Mº de Industria. Madrid, 1978.
- JAMES, D. B.: " Some aspects of water quality control. Environment and man ". Vol. VII., Blackie. London, 1978.
- LABASSE, J.: " La organización del espacio ". Instituto de estudios de La Administración Local. Madrid, 1973. 752 págs.
- LABORDE RODRIGUEZ, E.: " Estudio sobre protección de cultivos ". Inst. de Edafología y Biología Vegetal. Madrid, 1976.
- LOPEZ IZQUIERDO, R.: " Los Carabancheles ". En Madrid . Espasa Calpe. Madrid, 1979. Tomo VII, págs. 391 y ss.
- MADOZ, P.: " Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar ". Madrid. 1845-1850 16 Tomos. El volumen de Madrid es de 1847, 1121 págs.
- MANZANO MARCOS, J.: " Orcasitas ". Fascículo 32 de "Madrid" Espasa Calpe, Madrid, 1978.
- Mapa Hidrogeológico Nacional: Mapa de lluvia útil. Memoria I.G.M.E. Tomo 81. Madrid, 1973.
- Mapa Militar de España: Hoja Madrid 3 - 3, 1:400.000. Servicio Geográfico del Ejército. Madrid, 1972.
- MARIN JAIME, J. M.: " Agua y uso del suelo en el término municipal de Zaragoza" Geographicalia, nº 3. Zaragoza, 1971. Págs 1 y ss.
- MARTIN-RETORTILLO, S.: La ley de Aguas de 1866. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, 1963.
- MARTINEZ ANGEL, M. Y GONZALEZ GUIJANO, P. M.: " Proyecto de Municipalización del Canal de Isabel II ". Informe de los representantes de la Cámara Oficial de Industria y del Instituto de Ingenieros civiles en la comisión nombrada por el Excmo. Ayuntamiento de Madrid. Madrid, 1926. 62 pag.
- MARTORELL- TELLEZ GIRON, R.: " Aportaciones al estudio de la población de Madrid ". E. Mestre. Madrid, 1930. págs, 49 y ss.
- MENDEZ GUTIERREZ DEL VALLE, R.: " La Industria de Madrid.

- Estudio Geográfico ". Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid, 1980. Comunicación verbal.
- MESONERO ROMANOS, R.: " Manual de Madrid ". Imprenta Viuda de Don Antonio Yenes. Madrid, 1854. 678 págs.
- MESONERO ROMANOS, R.: " Panorama matritense ". Colección Renacimiento. Madrid, 1832. 416 págs.
- Ministerio de Planificación y Desarrollo: "Estudio sobre equipamiento en estructuras y servicios urbanos ". Tomo III. EDES - EPTISA. Madrid, 1975.
- Ministerio de Planificación y Desarrollo: III Plan de Desarrollo. Madrid, 1972.
- MOLINA CAMPUZANO, M.: " Madrid bajo los Austrias ". Revista Información Comercial Española, nº 402, Madrid, febrero, 1967.
- MORENO BARDIGI, F.: " Explotación de abastecimientos de aguas ". Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1974. págs. 39 y ss.
- MUÑO ARROYO, M.: " Memoria sobre la labor realizada por el primer Ayuntamiento de la Segunda República española ". Artes Gráficas municipales. Madrid. 1933. págs. 149 y ss.
- MUÑOZ, J., ROLDAN Y SERRANO, A.: " Qué es el capitalismo español ". La Gaya Ciencia, Barcelona, 1977. Citado por Alonso Rodríguez, J.A.: " Algunoas consideraciones en torno a la ubicación regional de Madrid y su futuro autonómico ". Comunicación presentada a las " I Jornadas de Estudios sobre la provincia de Madrid ". Madrid. 1979. Pág. 8.
- MUÑOZ MUÑOZ, J.: " Las Ventas del Espíritu Santo. Estudio Geográfico de un barrio de Madrid ". Memoria de Licenciatura, inédita, Madrid, 1975. 169 págs.
- MUÑOZ MUÑOZ, J.: " El abastecimiento de agua a Madrid ". Comunicación presentada en " las Primeras Jornadas de Estudios sobre la provincia de Madrid ". Organizadas por el Excm. Diputación de Madrid. Madrid, diciembre de 1979. Publicado en 1981. Págs. 237-242.
- Naciones Unidas.: " La demanda de agua: procedimientos y metodología para proyectar las demandas de agua en el contexto

- de la planificación regional y nacional" Recursos naturales. Serie del agua, nº 3. Nueva York, 1976.
- NAVARRO MADRID, E.: " Los movimientos diarios de trabajadores en el sector Noroeste de Madrid: Majadahonda ". Memoria de Licenciatura. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, 1980. Inédita. 124 págs.
- NUÑEZ GRANES, P.: " Divulgación de Urbanización, Principios tenidos en cuenta para el estudio del Plan General de Extensión de Madrid ". Ed. Plus Ultra. Madrid, 1926.
- NUÑEZ GRANES, P.: " Ayuntamiento de Madrid. El problema de la Urbanización del extrarradio de dicha Villa desde el punto de vista técnico ". Imp. Municipal. Madrid, 1920.
- O.C.D.E.: " Indicateurs d'environnement urbain ". Paris, 1978.
- OLAGUE, J.: " Madrid y la sequía ". Instituto de Estudios Madrileños. Madrid, 1955. 36 págs.
- OLIVER ASIN, J.: " Historia del nombre de Madrid ". C.S.I.C. Madrid, 1959. 412 págs.
- PALACIO ATARD, V.: " La creación del Canal de Isabel II ". Conferencia dictada el 19 de abril de 1979. Canal de Isabel II. Madrid. En prensa.
- PAZ MAROTO, J.: " Urbanismo y servicios urbanos ". Madrid, 1947. 3 vol. T. I 750 pág., T. II 780 pág. y T. III 686 p.
- PAZ MAROTO, J.: " Ingeniería Sanitaria Urbanística ". Madrid, 1942.
- PEREZ REGODON, J.: " Guía geológica, hidrogeológica y minera de la provincia de Madrid ". Memorias del Instituto Geológico y Minero de España. Tomo 76. Madrid 1970. 183 pág.
- PEREZ REGODON, J. Y CHAMERO SANCHEZ, A.: " Formaciones geológicas representadas en el término municipal de Madrid ". Resumen estadístico, sección de Estadística. Ayuntamiento de Madrid, 1967.-
- PITA RAMUDO, L. Y OLMO MALLOL, R. del: " Aguas residuales ". Revista Medio Ambiente. nº 1. Madrid, 1976, pág. 88 y ss.
- Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento. Dirección General de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas. Madrid, 1966.

- PORRAS MARTIN, J.: " Aguas subterráneas ". Cuadernos del CIFCA. Madrid, 1978.
- Presidencia del Gobierno: " Código Alimentario español ". B.O.E. 2484/1967. Madrid, 1967.
- PRIETO Y HERNANDEZ DE TEJADA, A.: "Aspectos forestales de la provincia de Madrid ". Madrid, 1979. 246 págs.
- Revista Cisneros: Excelentísima Diputación de Madrid. Febrero de 1981, pág. 9.
- RIGOTTI, G.: " Urbanismo. La Técnica ". Ed. Labor S.A. Barcelona, 1955. 796 págs.
- ROBERTSON, I.: " Los curiosos impertinentes. Viajeros ingleses por España . 1760-1855 ". Editora Nacional. Madrid, 1976. Pfo. Manuel Fraga Iribarne.
- RUIZ DEL CASTILLO, C. Y OTROS: " Evolución demográfica, desarrollo urbanístico, economía y servicios de Madrid ". Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 1964.
- SAINZ DE ROBLES, F. C.: " Madrid ". Espasa Calpe. Madrid, 1962. 747 págs.
- SANTOS COMENDADOR, M. " Normativas sobre la calidad de las aguas ". En Explotación y abastecimientos de agua. Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1974. págs. 267 y ss.
- SANZ DONAIRE, J. J.: " Geomorfología del entorno de Madrid ". Boletín de la Real Sociedad Geográfica. Madrid. 1981. En prensa (pruebas de imprenta cedidas por el autor).
- SANZ GARCIA, J. M.: " Madrid. ¿Capital del capital? ". Prólogo de José Manuel Casas Torres. Instituto de Estudios Madrileños. Madrid, 1975. Tomo I 626 págs.
- SANZ GARCIA, J. M. Y CORRAL, J. del: " Madrid es así. Una semana de paseante en corte ". Servicio comercial del libro. Madrid, 1955. 533 págs.
- SANZ GARCIA, J. M.: " Geografía económica e industrial ". Dirección General de Enseñanza Laboral. Madrid, 1960. 518 págs.
- SANZ GARCIA, J. M.: " Cien años de cartografía madrileña. Mapas y planos de Madrid y su provincia. Editados e



- impresos por el Instituto Geográfico ". Anales del Instituto de Estudios Madrileños. C.S.I.C. Madrid, 1973.
- SANZ GARCIA, J. M. Y MUÑOZ MUÑOZ, J.: " El hecho geográfico del agua en el proceso de industrialización de Madrid ". Ponencia presentada en el IV Simposio de la industria y el medio ambiente, celebrado en Madrid los días 18-20 de diciembre de 1978. Resumen publicado en Rev. Medio Ambiente. ASELCA. Madrid, 1978, nº 24. Págs. 36-37.
- Scientific American : " La ciudad ". Alianza Editorial. Madrid, 1967. 266 págs.
- SEOANEZ CALVO, M.: " La contaminación ambiental ". Instituto de Criminología. Univ. Complutense de Madrid, 1978. 578 págs.
- SEOANEZ CALVO, M.: " La contaminación agraria ". INIA. Madrid, 1977.
- Servicio de Estudio del Banco de Urquijo: " El agua recurso natural escaso : Planteamiento comarcal del problema en Cataluña ". Ed. Moneda y crédito. Barcelona, 1965. 410 pg.
- Servicio Sindical de Estadística. Sindicato de Agua, Gas y Electricidad: " Datos estadísticos, técnicos y laborales de las industrias de abastecimiento de agua para usos domésticos e industriales y para regadíos en España 1968-1969 ". Organización Sindical. Madrid, 1969.
- Servicio Sindical de Estadística. " Las comarcas de la provincia de Avila ". Organización Sindical. Madrid, 1976.
- Servicio Sindical de Estadística: " Estadísticas de la producción industrial. 1975 ". Ediciones y publicaciones populares. Organización Sindical. Madrid, 1975. 2 vol.
- Servicio Sindical de Estadística: " Las comarcas de la provincia de Madrid ". Madrid. A.I.S.S. 1977.
- Servicio Sindical de Estadística: " Las comarcas de la provincia de Guadalajara ". A.I.S.S. Madrid, 1977.
- Servicio Sindical de Estadística: " Las comarcas de la provincia de Segovia ". A.I.S.S. Madrid, 1977.
- Servicio Sindical de Estadística: " Las comarcas de la provincia de Toledo ". A.I.S.S. Madrid, 1977.
- III Simposio del agua en la industria. Novena Ponencia: "

- " Industria Turística ". Madrid, diciembre 1976.
- SOLESIO DE LA PRESA, M. T.: " Antiguos viajes de aguas de Madrid ". I.E. Torroja. C.S.I.C. Madrid, 1975.
- TAMES, C.: " Bosquejo del clima de España según la clasificación de C. W. Thornthwaite ". Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Vol IX. nº 20. Ministerio de Agricultura. Madrid, 1957. pág. 49-123.
- TROLL, C. Y BRAUN: " El abastecimiento de agua de la ciudad por medio de qunates a lo largo de la historia ". Geographica. Inst. de Geografía Aplicada. C.S.I.C. Madrid, 1974. págs. 235-313.
- ULLMAN, E.L.: " Geographical Prediction, Regional Planning and the measure of recreation benefits in the Meramec Basin ". Geographica. Instituto de Geografía Aplicada. C.S.I.C. Madrid, 1975-76. Págs. 17-35.
- URBISTONDO, R.: " El abastecimiento de agua a Madrid ". Boletín de la Real Sociedad Geográfica. Madrid, enero-diciembre 1977. Tomo CXIII. Pág. 140-172.
- URBISTONDO, R.: " Los usos recreativos de los embalses españoles ". Obras Públicas. M.O.P. Madrid, 1972.
- URBISTONDO, R. Y OTROS: " La eutrofización de los embalses del Canal de Isabel II ". Revista CIMA. M.O.P.U. Madrid, 1980. págs. 34-39.
- VALENZUELA RUBIO, M.: " El embalse de Atazar en el sistema de abastecimiento a Madrid ". Estudios Geográficos, nº 29. Madrid, 1972. págs. 736 y ss.
- VALENZUELA RUBIO, M.: " Urbanización y crisis rural en la Sierra de Madrid ". Instituto de Estudios Administración Local. Madrid, 1977. 534 págs.
- VALLE, L. del: " Memoria sobre las filtraciones del Lozoya, cerca de la Presa del Pontón de la Oliva y medios empleados para cortarlas ". Canal de Isabel II. Madrid, 1857. 40 págs.
- VAUDOUR, J.: " La región de Madrid ". Ed. OPHRYS. Aix. 1979. 390 págs.
- VIGUERAS GONZALEZ, J.A.: " Algunos conceptos a tener en cuenta en los proyectos de Instalaciones ". En Explotación y

- Abastecimiento de Aguas. Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1974. Págs. 577
- VOLTES BOU, P.: " Historia del abastecimiento de agua de Barcelona ". Sociedad General de Aguas de Barcelona 1867-1967. Barcelona, 1967.
- VOLTES BOU, P.: " Historia Económica de España. Siglos XIX y XX ". Editora Nacional. Madrid, 1974. 2 vol.
- WOLMAN, A.: " El metabolismo de las ciudades ". Alianza Editorial. Madrid, 1965. págs 199-222.
- WOOD, M. R.: " Métodos Óptimos de tratamiento combinado de aguas residuales domésticas e industriales ". Comité de los problemas del agua. C.E.E. Documento de trabajo 19-20. pág. 39 y ss.

